

(19) 世界知的所有権機関  
國際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 12 月 20 日 (20.12.2001)

**PCT**

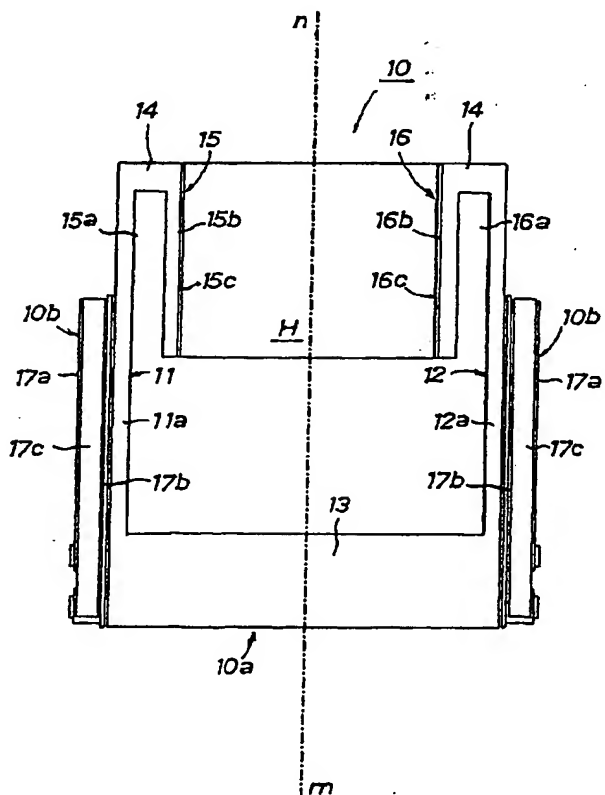
(10) 国際公開番号  
**WO 01/97296 A1**

- |   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| (51) 国際特許分類:  | H01L 41/08                 | (72) 発明者: 池田幸司 (IKEDA, Koji); 〒514-1257 三重県久居市大鳥町169 Mie (JP). 高橋史武 (TAKAHASHI, Fumitake); 〒468-0069 愛知県名古屋市中村区表山3丁目150 日本ガイシ八事寮A304 Aichi (JP). 柴田和義 (SHIBATA, Kazuyoshi); 〒509-6104 岐阜県瑞浪市山田町775-2 Gifu (JP). |
| (21) 国際出願番号:  | PCT/JP01/04804             | (74) 代理人: 弁理士 大庭咲夫, 外(OBA, Sakio et al.); 〒453-0801 愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名古屋KSビル2階 プロスペック特許事務所 Aichi (JP).  |
| (22) 国際出願日:   | 2001 年6 月7 日 (07.06.2001)  | (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).  |
| (25) 国際出願の言語:   | 日本語                        |   |
| (26) 国際公開の言語:   | 日本語                        |   |
| (30) 優先権データ:  |                            |   |
| 特願2000-182354   | 2000 年6 月16 日 (16.06.2000) | JP  |
| 特願2001-99039  | 2001 年3 月30 日 (30.03.2001) | JP  |
| (71) 出願人: 日本碍子株式会社 (NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒467-8530 愛知県名古屋市長穂区須田町2番56号 Aichi (JP). |                            | 添付公開書類:<br>— 国際調査報告書  |

〔続葉有〕

- (54) Title: PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND METHOD OF PRODUCING THE SAME**

- (54) 発明の名称: 圧電／電歪デバイスおよびその製造方法



**(57) Abstract:** A piezoelectric/electrostrictive device comprising a base (10a) having a pair of right and left movable portions (11, 12) and a fixed portion (13) at one of the respective ends thereof, and piezoelectric/electrostrictive elements (10b) at the lateral surfaces of the movable portions (11, 12), wherein the adhesive force on a part held by the other ends of the two movable portions (11, 12) is increased. The base (10a) constituting the piezoelectric/electrostrictive device is provided with a pair of long-sized attaching portions (15, 16) at the other ends of the two movable portions (11, 12) for attaching a part (H), the attaching portions (15, 16) turned back from the other ends of the movable portions (11, 12) and extending a predetermined distance along the inner surfaces of the movable portions (11, 12) while defining slit-like clearances (15a, 16a) of predetermined width. This makes it possible to increase the area of adhesion of the attaching portions (15, 16) to the part (H), greatly increasing the adhesive force on the part.

FP03-0299  
-00EP-TD

'06, 2, 20

SEARCH REPORT

**WO 01/97296 A1**

**BEST AVAILABLE COPY**

〔続葉有〕



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、左右一対の可動部 1 1, 1 2 とその一端部側に固定部 1 3 を有する基体 1 0 a の可動部 1 1, 1 2 側面に圧電／電歪素子 1 0 b を具備する圧電／電歪デバイスにおいて、可動部 1 1, 1 2 の他端部側にて挟持する部品の接着力を高めることを目的とする。圧電／電歪デバイスを構成する基体 1 0 a は両可動部 1 1, 1 2 の他端部側に部品 H を取付けるための一対の長尺の取付部 1 5, 1 6 を備え、取付部 1 5, 1 6 は可動部 1 1, 1 2 の他端から反転した状態で可動部 1 1, 1 2 の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間 1 5 a, 1 6 a を保持して所定長さ延びている。これにより、部品 H に対する取付部 1 5, 1 6 の接着面積を大きくすることができ、部品の接着力を大幅に向上させることができる。

## 明 細 書

## 圧電／電歪デバイスおよびその製造方法

技 術 分 野

本発明は、圧電／電歪素子の変位動作を左右一対の両可動部に伝達して、両可動部の他端部側にて挟持された被制御部品を制御し、または、他端部側にて被検査部品を挟持する左右一対の両可動部の変位動作を圧電／電歪素子により検出して、被検査部品の特性を検出する形式の圧電／電歪デバイスに関する。

背 景 技 術

当該形式の従来の圧電／電歪デバイスは、図 1 に示すように、基体 10 a を構成する左右の両可動部 11, 12 の外側面にそれぞれ圧電／電歪素子 10 b を配設しているもので、両可動部 11, 12 は、その一端部側にて連結部 13 により互いに連結されて、その可動部本体 11 a, 12 a が他端部側に延びていて、各可動部本体 11 a, 12 a の他端部が被制御部品や被検査部品等部品 H が取付けられる取付部 11 b, 12 b に形成されている。

各取付部 11 b, 12 b は、各可動部本体 11 a, 12 a の他端から所定の幅で内側の突出して、互いに所定間隔を保持して対向している。部品 H は、その両側面にて、接着剤 h1, h2 を介して、各取付部 11 b, 12 b の内側面 11 b1, 12 b1 (接合面) に固着されて、両可動部 11, 12 の両取付部 11 b, 12 b にて挟持される。

当該形式の圧電／電歪デバイスにおいて、取付けられる部品 H がデバイスの長手方向に長い場合には、図 2 に示すように、各取付部 11 b, 12 b の長さ L4 を長くする必要がある。この場合、デバイスの全長 L1 は、各取付部 11 b, 12 b の長さ L4 が伸びた分だ

け長くなる。このように、取付ける部品Hの長さhと各取付部11b, 12bの長さL4とが同じである場合には、デバイスの全長L1は部品Hの長さhに制約されることになる。

一方、図2に示す長い部品Hを各取付部11b, 12bに取付ける場合、各取付部11b, 12bの長さL4を変えないことなく、例えば図1に示すままにする場合には、部品Hの長さhに拘わらず、デバイスの全長L1は変わらない。しかしながら、この場合には、各取付部11b, 12bの長さL4が部品Hの長さhより短くなって、部品Hに対する接合面の面積（接着面積）が小さくなり、接着剤h1, h2として通常の樹脂製の接着剤を使用する場合には、部品Hに対する接着強度が低減することになる。部品Hに対する接着強度が低減することは、最悪の場合には、部品Hが各取付部11b, 12bから外れることになる。

長手方向の寸法hの長い部品Hは、それ以外の寸法や密度が変わらない場合、長さhが長くなった分だけ部品Hの質量も増大することになって、接着面積が小さいとき、例えば、各取付部11b, 12bが図1に示す状態にある場合には、各接着剤h1, h2にかかる衝撃が大きくなって、各取付部11b, 12bから外れ易くなる。

当該形式の圧電／電歪デバイスにおいて、部品Hが取付部11b, 12bの一方から外れると、取付部11b, 12bの他方で、部品Hを支持して部品Hに加わる衝撃を受承しなければならない。この状態では、部品Hは他方の取付部から外れ易く、また、取付け状態の支持バランスが崩れて、捻れ力の作用で支持している1本の取付部やそれと連結している可動部が折れるおそれもある。

これに対処するためには、接着力の極めて高い接着剤を使用しなければならないが、接着面積がどれだけ小さくても十分な接着強度が確保できるような、特殊な接着剤は一般的ではないとともに、このような特殊な特性の接着剤を使用する場合においても自ずと限界がある。

当該形式の圧電／電歪デバイスにおいて、両取付部 1 1 b, 1 2 b の変位を大きくしてデバイス特性を向上させる場合には、両可動部 1 1, 1 2 の可動部本体 1 1 a, 1 2 a を長くして、可動部本体 1 1 a, 1 2 a の変位量を大きくする必要があるが、デバイスの全長 L 1 を長くすることなく両可動部 1 1, 1 2 の可動部本体 1 1 a, 1 2 a を長くするには、両取付部 1 1 b, 1 2 b を短くしなければならない。この結果、各取付部 1 1 b, 1 2 b における接合面 1 1 b 1, 1 2 b 1 の接着面積が一層小さくなって、各取付部 1 1 b, 1 2 b の接合面 1 1 b 1, 1 2 b 1 に対する部品 H の接着力が一層弱くなって、部品 H は接合面 1 1 b 1, 1 2 b 1 から一層外れ易くて脱落し易くなる。

当該形式の圧電／電歪デバイスにおいては、部品 H を両可動部 1 1, 1 2 の取付部 1 1 b, 1 2 b に取付けるには、一般に、樹脂製の接着剤 h 1, h 2 を介して各接合面 1 1 b 1, 1 2 b 1 に接着するが、樹脂製の接着剤 h 1, h 2 は室温以上の温度変化に対して硬度やヤング率に低下をきたす。圧電／電歪デバイスの使用状態の温度変化は、例えば室温～100℃の範囲の程度ではあるが、この温度範囲であっても、高温の場合には接着剤 h 1, h 2 が柔らかくなる。このため、外力が加わった場合の接着剤 h 1, h 2 の歪みは、室温の状態とこれより高温の状態とでは大きく異なることになり、当該形式の圧電／電歪デバイスのデバイス特性は、室温の状態では設定された通りであっても、高温の状態では大きく異なることになる。

図 3 および図 4 は、室温等の低温時と、室温より高温時におけるデバイスのそれぞれの作動状態を示している。このような温度変化の影響は、接着面積が小さくなるほど接着剤にかかる歪みがより大きくなるため温度変動の影響もより大きくなる。従って、接着面積は大きい方が温度変動の影響を小さくすることができる。

当該形式の圧電／電歪デバイスにおいて、部品 H の大きさが大きくなり質量が増えた場合には、デバイス自体を固定するための固定

部 1 3 は、部品 H とデバイス自身を合わせた質量を支えなければならず、衝撃を受けた場合には、固定部 1 3 が外れ易くなる。接着面積を増やすために、固定部 1 3 の長さ  $L_2$  を長くすると、デバイスの全長  $L_1$  も長くなる。

### 発 明 の 開 示

従って、本発明の目的は、当該形式の圧電／電歪デバイスにおいて、デバイスの全長を変えることなく、かつ、取付部の接合面における接着面積を低減することなく、各可動部の変位を大きくすること、および、各取付部と部品の接着およびデバイス自身の固定を十分に確保することにあり、さらには、特に大きく重い部品や接着強度を要する場合の部品とデバイスを強固に取付けることにある。

本発明は、圧電／電歪デバイスおよびその製造方法に関するもので、相対向する一対の可動部およびこれら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部を有する基体における前記両可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスを適用対象とするものである。

しかして、本発明に係る圧電／電歪デバイスにおいては、前記基体は前記両可動部の他端部側に被制御部品または被検査部品を取付ける一対の長尺の取付部を備えており、同取付部は前記可動部の他端から反転した状態で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びていることを特徴とするものである。

本発明に係る圧電／電歪デバイスにおいては、前記基体を構成する固定部はその相対向する側部に、前記各可動部の内側面に沿って延びる所定幅のスリット状の一対の隙間を備える構成とすることができる。

本発明に係る圧電／電歪デバイスにおいては、前記基体は、複数のセラミックグリーンシートを多数積層し焼成してなるセラミック

積層体にて構成されているものであり、または、複数の金属板を多数積層し接合してなる金属積層体にて構成することができ、また、1枚の金属製の平板を屈曲して構成することもできるものである。

また、本発明に係る圧電／電歪デバイスにおいては、前記基体を構成する可動部と取付部間のスリット状の隙間、および／または、固定部の両可動部に沿ったスリット状の隙間は、当該圧電／電歪デバイスの動作時における前記可動部の変位を規制しない寸法に設定することができ、また、前記各取付部は前記各可動部と同一または近似する厚みに形成することができる。これらの基体を構成する各取付部の内側面には、被制御部品または被検査部品が接着剤を介して固着されていて、当該圧電／電歪デバイスは、前記被制御部品または被検査部品を前記両取付部にて挟持した状態で使用することができる。

本発明に係る圧電／電歪デバイスにおけるより具体的な構成は、相対向する一对の板状の可動部、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部、および、前記各可動部の他端部側に連結する取付部を有する基体と、同基体を構成する前記両可動部の少なくとも一方の外側面に配設された圧電／電歪素子を備えている圧電／電歪デバイスであって、前記各可動部と前記各取付部間にはスリット状の隙間が介在し、同スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ が前記各可動部と前記各取付部を連結している各連結部の長さ $L_5$ よりも大きく設定されていることを特徴とするものである。当該圧電／電歪デバイスにおいては、前記スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ を前記各連結部の長さ $L_5$ の少なくとも2倍、好ましくは5倍以上とする。

なお、当該圧電／電歪デバイスにおける連結部の長さ $L_5$ 、および、スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ は、図21に示す圧電／電歪デバイスにおいて規定する部位の寸法を意味する。

本発明に係る圧電／電歪デバイスの製造方法は、相対向する一对の可動部と、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部

と、前記各可動部の他端側から反転した状態で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びる取付部を有する基体における前記両可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスを製造する方法である。

しかして、本発明に係る圧電／電歪デバイスの第１の製造方法は、前記基体の形成材料としてセラミックグリーンシートを多数積層し焼成してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定の部位を前記セラミックグリーンシートの積層方向に沿って切断して、前記各可動部、前記固定部、および前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とするものである。

本発明に係る圧電／電歪デバイスの第２の製造方法は、前記基体の形成材料として可撓性で屈曲加工の可能な金属製の平板を採用して、同平板を前記基体が平面状に展開された形状に打抜き加工して打抜構造体を形成し、同打抜構造体の所定の部位を屈曲して前記各可動部、前記固定部、および前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とするものである。

また、本発明に係る圧電／電歪デバイスの第３の製造方法は、複数の金属製の板を多数積層し接着してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定の部位を前記金属板の積層方向に沿って切断して、前記各可動部、前記固定部、および、前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とするものである。

本発明に係る圧電／電歪デバイスは、基体を構成する各可動部にそれぞれ長尺の取付部を備えているもので、各取付部の接合面が大きくて、各取付部と部品との接着面積を大きく設定することができる。このため、当該圧電／電歪デバイスによれば、各取付部の接合面に対する部品の接着力が強くて、部品は各取付部から容易に外れることがなく、衝撃に対して強い接合構造を構成することができるとともに、部品の一方の取付部からの離脱に起因する他方の取付部



の損傷を防止することもできる。

また、当該接合構造では、各取付部が各可動部の他端から反転した状態で、可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びている。このため、デバイスの全長を長くすることなく、かつ、両可動部の変位特性を低下させることなく、各取付部と部品の接着力の強い接合構造を構成することができる。

また、当該接合構造は、取付部に接着する部品が大きくて質量が増大して、接着剤にかかる外力が大きくなった場合でも、デバイスの全長を長くしなくても接着面積を広く取れるので、接着面積当たりの歪みを小さくできる。このため、当該接合構造によれば、接着剤の温度変化に起因するデバイス特性に及ぼす影響を接着面積が狭い場合に比較して大幅に抑制して、設定されたデバイス特性を安定した状態で発揮する動作範囲を、低温から高温までの幅広い温度範囲に拡大することができる。

本発明に係る圧電／電歪デバイスにおいて、基体を構成する固定部の両側にスリット状の溝部を設けた場合、溝部の長さを深くすることで、デバイスの全長を長くすることなく、固定部の面積を増大させることができる。これにより、当該圧電／電歪デバイスを固定する接着面積を広くすることができて接着力が強くなり、当該圧電／電歪デバイスを強固に固定できる。当該圧電／電歪デバイスに取付ける部品については、大型で質量が増大して、固定部がデバイスと部品を合わせた質量を保持しなければならない場合でも、接着力を十分高くできるのでデバイスの固定を安定化させることができる。

本発明に係る圧電／電歪デバイスを構成する基体としては、セラミックグリーンシートを多数積層し焼成してなるセラミック積層体にて構成されている基体（第1の基体）や、1枚の金属製の平板を屈曲して構成されている基体（第2の基体）、複数の金属板を多数積層し接着してなる金属積層体にて構成されている基体（第3の基体）

を採用することができる。この場合、これらの基体を構成する各可動部と各取付部間のスリット状の隙間は、当該圧電／電歪デバイスの動作時における各可動部の変位を規制しないスリット幅に設定することが好ましく、また、各取付部は各可動部と同一または近似する厚みに形成することが好ましい。これにより、長尺の取付部に起因する可動部の変位特性に及ぼす影響を極力防止することができる。

当該基体は、第1の基体にあつては、その形成材料として、セラミックグリーンシートを多数積層し焼成してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定の部位をセラミック層の積層方向に沿って切断して基体を形成する手段により容易に製造することができる。また、第2の基体にあつては、その形成材料として、可撓性で屈曲加工の可能な金属製の平板を採用して、同平板を基体が平面状に展開された形状に打抜き加工して打抜構造体を形成し、同打抜構造体の所定の部位を屈曲して形成することにより容易に製造することができる。第3の基体にあつては、その形成材料として、可撓性で屈曲加工の可能な金属製の平板を採用して、同平板を多数積層し接着してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定の部位を積層方向に沿って切断して基体を形成する手段により容易に製造することができる。

本発明に係る圧電／電歪デバイスによれば、各種トランスデューサー、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品(フィルタ)、トランス、通信用や動力用の振動子、発振子、ディスクリミネータなどの能動素子のほか、超音波センサ、加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができる。特に光学機器、精密機器等の各種精密部品の変位や位置決め調整、角度調整機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。なお、本発明に係る圧電／電歪デバイスは、電気的エネルギーと機械的エネルギーを相互に変換する素子を包含する概念である。

### 図 面 の 簡 単 な 説 明

図 1 は、従来の圧電／電歪デバイスの一例を示す平面図である。

図 2 は、従来の圧電／電歪デバイスの他の一例を示す平面図である。

図 3 は、従来の一例に係る圧電／電歪デバイスの動作状態を示す平面図である。

図 4 は、同圧電／電歪デバイスの動作時の不具合が発生した状態を示す平面図である。

図 5 は、本発明に係る第 1 の圧電／電歪デバイスを示す平面図である。

図 6 は、同圧電／電歪デバイスの動作状態を示す平面図である。

図 7 A 及び図 7 B は、同圧電／電歪デバイスの各圧電／電歪素子に印加される電圧の波形図である。

図 8 は、同圧電／電歪デバイスの従来の圧電／電歪デバイス（図 1 に図示）に対する寸法関係を示す平面図である。

図 9 は、同圧電／電歪デバイスの異なる部品を挟持した状態を示す平面図である。

図 10 は、同圧電／電歪デバイスのさらに異なる部品を挟持した状態を示す平面図である。

図 11 は、同圧電／電歪デバイスの基体を構成する各セラミックグリーンシートを示す斜視図である。

図 12 は、同セラミックグリーンシートを積層して形成されたセラミックグリーンシート積層体を示す一部省略斜視図である。

図 13 は、同セラミックグリーンシート積層体を焼成して形成したセラミック積層体と圧電／電歪素子体を一体とした構造体を示す斜視図である。

図 14 は、同構造体を切断して形成した同圧電／電歪デバイスを示す斜視図である。

図 1 5 は、同圧電／電歪デバイスの変形例を示す平面図である。

図 1 6 は、本発明に係る第 2 の圧電／電歪デバイスを示す斜視図である。

図 1 7 は、同圧電／電歪デバイスであって、部品を挟持していない状態を示す斜視図である。

図 1 8 は、同圧電／電歪デバイスを構成する基体を形成するための基体原板を示す斜視図である。

図 1 9 は、同基体原板から形成された基体を示す斜視図である。

図 2 0 は、本発明の圧電／電歪デバイスで採用される圧電／電歪素子を拡大して示す斜視図である。

図 2 1 は、本発明に係る実施例 1 で作成した圧電／電歪デバイスの寸法関係を示す平面図である。

図 2 2 は、本発明に係る実施例 2 で作成した圧電／電歪デバイスの寸法関係を示す平面図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を図面に基づいて説明するに、図 5 および図 6 には、本発明に係る第 1 の圧電／電歪デバイスが示されている。当該圧電／電歪デバイス 1 0 は、基体 1 0 a と一対の圧電／電歪素子 1 0 b からなり、また、基体 1 0 a はセラミックグリーンシートの積層体を焼成したものにて構成されている。

当該圧電／電歪デバイス 1 0 において、基体 1 0 a は、一端側が閉塞しかつ他端側が開放状態にあるコ字状を呈するもので、左右一対の可動部 1 1, 1 2 と、両可動部 1 1, 1 2 をその一端部側にて互いに連結する固定部 1 3 と、各可動部 1 1, 1 2 の他端部側に連結部 1 4 を介して連結する取付部 1 5, 1 6 にて構成されている。これらの各部位 1 1 ~ 1 6 はセラミック構造体からなる一体構造のものである。

当該基体 1 0 a においては、各可動部 1 1, 1 2 はその外側面に

各圧電／電歪素子 10 b を貼着されていて動作部を構成し、固定部 13 はその上面側または下面側にて、例えば、ハードディスクの磁気ヘッドを保持するサスペンションのジンバルに接着されて固定され、かつ、各取付部 15, 16 の内側面には、例えば、被制御部品であるハードディスク用の磁気ヘッド H が接着されて固定される。

当該基体を構成する各取付部 15, 16 は、各可動部 11, 12 の他端部側から反転した状態で、各可動部 11, 12 の内側面に沿って一端部側へ所定長さ延びていて、各可動部 11, 12 の内側面との間に、所定のスリット状の隙間 15 a, 16 a を保持している。各取付部 15, 16 は、各可動部 11, 12 の略中央部にまで延びていて、その内側面が磁気ヘッド H の接合面 15 b, 16 b に形成されている。各接合面 15 b, 16 b の全面には、接着剤 15 c, 16 c を介して磁気ヘッド H の各側面が接合される。接着剤 15 c, 16 c としては、エポキシ樹脂等からなる接着剤が採用されていて、大きな接着面積が確保されている。

各取付部 15, 16 と各可動部 11, 12 のスリット状の隙間 15 a, 16 a は、当該圧電／電歪デバイス 10 の動作時に、各可動部 11, 12 の変位が規制されない寸法に設定されている。換言すれば、各可動部 11, 12 が変位動作した際、各可動部 11, 12 が各取付部 15, 16 に当接しない間隔に設定されている。これにより、各可動部 11, 12 の内面側に位置する取付部 15, 16 に起因する各可動部 11, 12 の変位特性、および、これに起因するデバイス特性に及ぼす影響を防止している。

当該圧電／電歪デバイス 10 においては、各圧電／電歪素子 10 b に電圧が印加されていない非作動時には図 5 に示す状態にあり、圧電／電歪デバイス 10 の長軸 m (固定部 13 の中心軸) と取付部 15, 16 の中心軸 n とはほぼ一致している。この状態で、例えば、図 7 (a) の波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子 10 b における一对の電極 17 a, 17 b に所定のバイアス電位  $V_b$  を有す

るサイン波  $W_b$  をかけ、同図 (b) に示すように、他方の圧電／電歪素子 10 b における一对の電極 17 a, 17 b に、前記サイン波  $W_b$  とはほぼ 180 度位相の異なるサイン波  $W_a$  をかける。この結果、一方の圧電／電歪素子 10 b における一对の電極 17 a, 17 b に対して、例えば、最大値の電圧が印加された段階では、一方の圧電／電歪素子 10 b における圧電／電歪層 17 c は、その主面方向に収縮変位する。

これにより、当該圧電／電歪デバイス 10 においては、例えば図 6 に示すように、一方の可動部 11 に対して図示右方向（矢印 A 方向）に撓ませる応力が発生し、この応力によって可動部 11 は同方向に撓む。この場合、他方の圧電／電歪素子 10 b における一对の電極 17 a, 17 b は、電圧が印加されない状態になるため、他方の可動部 12 は、一方の可動部 11 の撓みに追従して可動部 11 と同じ方向へ撓む。この結果、両可動部 11 a, 11 b は、圧電／電歪デバイス 10 の長軸  $m$  に対して、図示右方向へ変位する。この変位の変位量は、各圧電／電歪素子 10 b に対する印加電圧の最大値に応じて変化する。電圧の最大値が大きくなるほど、変位量は大きくなる。

このように、当該圧電／電歪デバイス 10 においては、圧電／電歪素子 10 b の微小な変位が、両可動部 11, 12 の撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて両可動部 11, 12 に伝達されることになるため、取付部 15, 16 を圧電／電歪デバイス 10 の長軸  $m$  に対して大きく変位させることが可能となり、例えば磁気ヘッド H の位置制御を的確に行うことができる。

ところで、当該圧電／電歪デバイス 10 においては、従来のこの種形式の圧電／電歪デバイスに比較して、下記のごとき種々の顕著な作用効果を奏するものである。すなわち、当該圧電／電歪デバイス 10 においては、デバイスの全長を長くすることなく部品 H（例えば磁気ヘッド）の接着面積を大きく設定して接着力を大幅に増大

して、部品Hの各取付部15, 16からの脱落や、各取付部15, 16の損傷を防止することができる。また、部品Hを各取付部15, 16の接合面15b, 16bに介在させる接着剤15c, 16cの厚みを薄くして、接着剤15c, 16cの温度変化に起因するデバイス特性に及ぼす影響を大幅に低減することができる。また、各可動部11, 12のアーム長さ（可動部本体11a, 12a）を長く設定することが可能であって、両可動部11, 12の最大変位量を増大してデバイス特性の向上を図ることができる。

この種形式の従来の圧電／電歪デバイスを示す図1と、本発明の一例に係る圧電／電歪デバイス10を示す図8には、圧電／電歪デバイスおよび基体の各部位の寸法関係を同一符号で示している。これら各図において、符号L1はデバイスの長さ（基体の全長でもある）、符号L2は基体における固定部の長さ、符号L3は基体における可動部のアームの長さ、符号L4は基体における取付部の接合面の長さである。また、符号L5は、本発明に係る圧電／電歪デバイスの特有の部位である連結部の長さ、符号L6は、本発明に係る圧電／電歪デバイスの特有の部位である、可動部と取付部間のスリット状の隙間の間隔である。

これらの図1, 図8を参照すると明らかなように、本発明に係る圧電／電歪デバイス10は従来の圧電／電歪デバイスに比較して、下記のごとき優れた作用効果を確認することができる。すなわち、当該圧電／電歪デバイス10の作用効果の第1は、部品Hに対する接合部の長さL4が極めて長くて、基体の全長L1を長くせずして、部品Hに対する接着面積を大きく設定することができることであり、これにより、部品Hに対する接着力が著しく強くなって、部品Hの各取付部15, 16からの脱落や、各取付部15, 16の損傷を防止することができるものである。

当該圧電／電歪デバイス10の作用効果の第2は、接合部の長さL4に起因して、部品Hに対する接着面積を大きく設定して部品H

の接着力を増大させることから、部品Hと各取付部15、16の接合面15b、16bに介在させる接着剤15c、16cの厚みを薄くすることができることであり、これにより、接着剤15c、16cの温度変化によるデバイス特性に及ぼす影響を大幅に低減することができるものである。

当該圧電／電歪デバイス1の作用効果の第3は、各可動部11、12のアーム長さL3と取付部15、16の接合面15b、16bの長さL4を互いに独立して設定することができることであり、これにより、基体の材質上の特性を考慮して、各可動部11、12のアーム長さL3、取付部15、16の接合面15b、16bの長さL4を任意に長く設定してデバイス特性を向上させ、かつ、部品Hに対する接着力を一層強力にすることができるものである。

当該圧電／電歪デバイス10においては、使用する部品Hが図9に示すように短い場合には、接着剤15c、16cを部品Hの一端面側に回り込ませて接着強度を十分に確保するようにすることができ、また、図10に示すように、部品Hが光ファイバーの断面のような円柱形である場合には、部品Hの外周と両取付部15、16間に接着剤15c、16cを充填して接着強度を十分に確保するようにすることができる。

次に、当該圧電／電歪デバイス10を製造する具体的な方法を、図11～図14に基づいて説明する。当該製造方法は、本発明に係る製造方法の第1の製造方法であり、当該製造方法では、各構成部材を以下のごとく定義する。図11に示す各セラミックグリーンシート18を積層して得られる図12に示す積層体を、セラミックグリーン積層体10A1と称し、当該セラミックグリーン積層体10A1を焼成して一体化した図13に示す積層体をセラミック積層体10A2と称し、当該セラミック積層体10A2から不要な部分を切除して取付部15、16、可動部11、12、および、固定部13が一体の図14に示す基体をセラミック基体10aと称する。



なお、当該製造方法においては、実際には、圧電／電歪デバイス 10 を同一基板内に縦方向および横方向にそれぞれ複数個配置した形態で、最終的にセラミック積層体 10 A2 をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス 10 を同一工程で多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス 10 の 1 個取りする方法について説明する。

本発明に係る第 1 の製造方法を採用するには、先ず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、当該スラリーを脱泡処理後、リバーシロールコーター法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚みを有するセラミックグリーンシートを作製する。

次に、セラミックグリーンシートを金型を用いた打抜加工やレーザー加工等の方法により、種々の形状や厚さに加工して、図 11 に示す複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート 18 を得る。これらセラミックグリーンシート 18 a ~ 18 j は、少なくとも可動部 11, 12 間に空間を形成するための窓部 k1 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 18 c, 18 d, 18 g, 18 h、可動部 11, 12 間に空間を形成するための窓部 k1 と互いに対向する接合面 15 b, 16 b を有する取付部 15, 16 を形成するための窓部 k2 が形成された複数枚（例えば 7 枚）のセラミックグリーンシート 18 e ... 18 f、スリット状の隙間 15 a, 16 a となる窓部 k3 が形成された複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 18 b, 18 i、後に可動部 11, 12 間となる複数枚（例えば 2 枚）のセラミックグリーンシート 18 a, 18 j を用意する。

その後、図 12 に示すように、セラミックグリーンシート 18 a, 18 j により、セラミックグリーンシート 18 c ~ 18 h、セラミックグリーンシート 18 b, 18 i、セラミックグリーンシート 18 e ... 18 f を挟み込むようにして、これらセラミックグリーンシ

ート 18 を積層し圧着して、セラミックグリーン積層体 10 A1 とする。この積層にあたっては、セラミックグリーンシート 18 e ... 18 f を中央に位置させて積層する。この場合、窓部 k2 の存在により、圧着時に圧力がかからない部位が発生するため、積層・圧着の順番等を変更し、そのような部位が生じないようにする必要がある。その後、セラミックグリーン積層体 10 A1 を焼成して、図 13 に示すセラミック積層体 10 A2 を得る。

なお、セラミックグリーン積層体 10 A1 を形成するための積層回数や順序は、設定された構造に応じて適宜変更されるものであり、設定された構造に対応して、例えば窓部 k1 ~ k3 の形状、セラミックグリーンシート 18 の枚数等を適宜変更することにより、設定された構造のセラミックグリーン積層体 10 A1 を得ることができる。また、窓部 k1 ~ k3 の形状は、所望の機能に応じて決定することができ、セラミックグリーンシート 18 の枚数、各セラミックグリーンシート 18 の厚みも特に限定されるものではない。

積層した各セラミックグリーンシート 18 に対する圧着は、熱を加えることにより、より一層積層性を向上させることができる。また、セラミックグリーンシート 18 の積層に当たっては、セラミック粉末、バインダを主体としたペースト、スラリー等をセラミックグリーンシート 18 上に塗布、印刷して、接合補助層とすることで、セラミックグリーンシート 18 の界面の積層性を向上させることができる。この場合、セラミック粉末として、セラミックグリーンシート 18 に使用されているセラミックと同一または類似する組成のセラミック粉末を採用することが好ましく、これにより、セラミックグリーンシート 18 の積層の信頼を確保することができる。

なお、セラミックグリーンシート 18 a, 18 j が薄い厚みの場合には、プラスチックフィルム、特に、表面にシリコン系の離型剤をコーティングしたポリエチレンテレフタレートフィルムを用いて取り扱うことが好ましい。

得られたセラミック積層体 10 A2 には、図 13 に示すように、その両表面、すなわち、積層されているセラミックグリーンシート 18 a, 18 j が形成する表面に、それぞれ圧電／電歪素子 10 b を形成するための圧電／電歪素子体（後述する圧電／電歪素子体 30）を形成する。圧電／電歪素子体 30 の形成法としては、スクリーン印刷法、ディッピング法、塗布法、電気泳動法等の厚膜形成法や、イオンビーム法、スパッタリング法、真空蒸着、イオンプレーティング法、化学気相成長法（CVD）、めっき等の薄膜形成法を用いることができる。このような膜形成法を用いて圧電／電歪素子体 30 を形成することにより、接着剤を用いることなく、圧電／電歪素子 10 b を可動部 11, 12 に一体的に接合して配設することができ、信頼性、再現性を確保できると共に、集積化を容易にすることができる。

圧電／電歪素子体 30 の形成には、特に、厚膜形成法を採用することが好ましい。圧電／電歪層 31～34 の形成に厚膜形成法を用いれば、平均粒径 0.01～5  $\mu\text{m}$ 、好ましくは 0.05～3  $\mu\text{m}$  の圧電セラミックスの粒子、粉末を主成分とするペースト、スラリー、サスペンション、エマルジョンや、ゾル等を用いて膜化することができ、それを焼成することによって良好な圧電／電歪特性を得ることができるからである。

なお、圧電／電歪素子体 30 を形成する電気泳動法は、膜を高い密度で、かつ、高い形状精度で形成できるという利点がある。また、スクリーン印刷法は、膜形成とパターン形成とを同時にできるため、製造工程の簡略化に有利である。

圧電／電歪素子体 30 の形成について、より具体的に説明するならば、先ず、セラミックグリーン積層体 10 A1 を 1200℃～1600℃の温度で焼成して一体化してセラミック積層体 10 A2 を得た後、当該セラミック積層体 10 A2 の両表面の所定位置に可動部 11, 12 の電極 36 を印刷、焼成し、次いで、圧電／電歪層 3

4を印刷、焼成し、さらに、他方の電極35印刷、焼成し、これらを所定回数繰り返すとともに、この間に複数の圧電／電歪層33～31を圧電／電歪層34と同様に形成する。その後、各電極35、36を駆動回路に電氣的に接続するための端子37、38を印刷、焼成する。なお、当該圧電／電歪素子体30の形成では、最下層の電極36を印刷、焼成し、圧電／電歪層34と電極35を印刷、焼成し、この単位で任意の回数、印刷、焼成を繰り返して、圧電／電歪素子体30を形成してもよい。

当該圧電／電歪素子体30の形成において、一方の電極36として白金(Pt)、圧電／電歪層31～34としてジルコン酸チタン酸鉛(PZT)、他方の電極35として金(Au)、端子37、38として銀(Ag)というように、各部材の焼成温度が積層順に従って低くなるように材料を選定すると、ある焼成段階において、それより以前に焼成された材料の再焼結が起こらず、電極材等の剥離や凝集といった不具合の発生を回避することができる。なお、適当な材料を選択することにより、圧電／電歪素子体30の各部材と端子37、38を逐次印刷して、1回で一体焼成することも可能であり、最外層の圧電／電歪層31を形成した後に低温で最外層の電極35等を設けることもできる。圧電／電歪素子体30の各部材と端子37、38とは、必ずしも熱処理を必要としない。

圧電／電歪素子体30の形成においては、セラミックグリーン積層体10A1の両表面、即ち、セラミックグリーンシート18a、18jの各表面に予め圧電／電歪素子体30を形成しておき、セラミックグリーン積層体10A1と圧電／電歪素子体30とを同時に焼成することも好適に行われる。同時焼成にあたっては、セラミックグリーン積層体10A1と圧電／電歪素子体30の全ての構成膜に対して焼成を行うようにしてもよく、一方の電極36とセラミックグリーン積層体10A1とを同時焼成したり、他方の電極35を除く他の構成膜とセラミックグリーン積層体10A1とを同時焼成

する方法等が挙げられる。

圧電／電歪素子体 30 とセラミックグリーン積層体 10 A1 とを同時焼成する方法としては、スラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層 31 ～ 34 の前駆体を成形し、この焼成前の圧電／電歪層 31 ～ 34 の前駆体をセラミックグリーン積層体 10 A1 の表面上に熱圧着等で積層し、同時に焼成して取付部 15, 16、可動部 11, 12、圧電／電歪層 31 ～ 34、固定部 13 とを同時に作製する方法が挙げられる。但し、この方法では、上述した膜形成法を用いて、セラミックグリーン積層体 10 A1 の表面および／または圧電／電歪層 31 ～ 34 に予め電極 36 を形成しておく必要がある。

その他の方法としては、セラミックグリーン積層体 10 A1 の少なくとも最終的に可動部となる部分に、スクリーン印刷により圧電／電歪素子体 30 の各構成層である電極 35, 36、圧電／電歪層 31 ～ 34 を形成し、同時に焼成することが挙げられる。

圧電／電歪素子体 30 の構成膜の焼成温度は、これを構成する材料によって適宜決定されるが、一般には、500℃から1500℃であり、圧電／電歪層 31 ～ 34 に対しては、好ましくは1000℃～1400℃である。この場合、圧電／電歪層 31 ～ 34 の組成を制御するためには、圧電／電歪層 31 ～ 34 の材料の蒸発源の存在下に焼結することが好ましい。なお、圧電／電歪層 31 ～ 34 とセラミックグリーン積層体 10 A1 を同時焼成する場合には、両者の焼成条件を合わせる必要がある。圧電／電歪素子体 30 は、必ずしもセラミック積層体 10 A2 またはセラミックグリーン積層体 10 A1 の両面に形成されるものではなく、片面のみでももちろんよい。

圧電／電歪素子体 30 を、セラミック積層体 10 A2 上に直接形成しないで、別体として前述の方法で形成し、これを任意に切断して圧電／電歪素子 10 b を形成し、このように形成された圧電／電

歪素子 10 b を、予め形成した基体 10 a に有機樹脂、ガラス等の接着剤で貼り付けて作成することもできる。

圧電／電歪素子体 30 が形成されたセラミック積層体 10 A2 は、所定の部位を切断されて、本発明に係る圧電／電歪デバイス 10 に形成される。圧電／電歪素子体 30 と一体のセラミック積層体 10 A2 を、図 13 に示す切断線 C1, C2, C3 に沿って切断することにより、セラミック積層体 10 A2 の側部と先端部が切除される。この切除によって、図 14 に示すように、セラミック基体 10 a と圧電／電歪素子 10 b が一体化された、互いに対向する接合面 15 b, 16 b を有する取付部 15, 16 を有する圧電／電歪デバイス 10 が形成される。

セラミック積層体 10 A2 と圧電／電歪素子体 30 の切断のタイミングは、切断線 C1, C2 に沿って切断した後に切断線 C3 に沿って切断してもよく、切断線 C3 に沿って切断した後に切断線 C1, C2 に沿って切断してもよい。もちろん、これらの切断を同時に行うようにしてもよい。また、切断線 C3 と対向する固定部 13 の端面も、例えば圧電／電歪デバイスの全長を精密に制御する等の際に切断線 C4 として適宜切断するようにしてもよい。

当該製造方法においては、セラミック積層体 10 A2 から不要な部分を切除すると同時に、セラミック基体 10 a と圧電／電歪素子 10 b が一体の、互いに対向する接合面 15 b, 16 b を有する取付部 15, 16 を有する圧電／電歪デバイス 10 を得ることができ、ため、製造工程の簡略化を図ることができると共に、圧電／電歪デバイス 10 の歩留まりを向上させることができる。

当該製造方法は、同一の基板（セラミック積層体 10 A2 と圧電／電歪素子体 30 の一体の構造体）を、圧電／電歪デバイス 10 が縦方向および横方向にそれぞれ複数個配置した状態に構成して、同一工程で圧電／電歪デバイス 10 を多数個取りする場合に特に好ましい。切除の方法としては、ダイシング加工、ワイヤーソウ加工等

の機械加工のほか、YAGレーザ、エキシマレーザ等のレーザ加工や電子ビーム加工を適用することが可能である。セラミック積層体10A2の切り出しには、これらの加工方法を組み合わせて加工することになる。例えば、図13に示す切断線C1、C2は、ワイヤーソウ加工とし、切断線C1、C2に直交する切断線C3、C4（固定部13、取付部15、16の端面の形成）をダイシング加工とすることが好ましい。また、後述する圧電／電歪デバイス20の作成方法と同様に、個々に切断されて形成されたセラミック基体10aと圧電／電歪素子10bを別々に準備して、これらを接着して圧電／電歪デバイス10を作成することもできる。

基体10aを構成する取付部15、16および固定部13の材料としては、剛性を有する限りにおいて特に限定されないが、セラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックを用いることが好ましい。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等が挙げられるほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。

基体10aを構成する可動部11、12は、上述したように、圧電／電歪素子10bの変位により駆動する部分である。可動部11、12は、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子10bの伸縮変位を屈曲変位として増幅して、取付部15、16に伝達する機能を有する。従って、可動部11、12の形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、取付部15、16の応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

可動部11、12の厚みL10は、 $2\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 程度とする

ことが好ましく、可動部 11, 12 と圧電／電歪素子 10b とを組み合わせた厚みは、 $7\mu\text{m} \sim 500\mu\text{m}$  とすることが好ましい。電極 35, 36 の厚みは、 $0.1\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 、圧電／電歪層 31  $\sim$  34 の厚みは、 $3\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$  とすることが好ましい。

可動部 11, 12 を構成する材料としては、取付部 15, 16 や固定部 13 と同様のセラミックスを好適に用いることができ、ジルコニア、特に、安定化ジルコニアを主成分とする材料や部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、靱性が高いこと、圧電／電歪層や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

安定化ジルコニアおよび部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化または部分安定化されたものが好ましい。すなわち、ジルコニアを安定化または部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、および、酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの 1 つの化合物を添加、含有させることにより、または、1 種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせることで添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、1  $\sim$  30 モル％、好ましくは 1.5  $\sim$  10 モル％、酸化セリウムの場合にあっては、6  $\sim$  50 モル％、好ましくは 8  $\sim$  20 モル％、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、5  $\sim$  40 モル％、好ましくは 5  $\sim$  20 モル％とする。その中でも、特に酸化イットリウムを安定化材として用いることが好ましく、この場合には、1.5  $\sim$  10 モル％、さらに好ましくは 2  $\sim$  4 モル％とする。また、焼結助剤等の添加物として、アルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を 0.05  $\sim$  20 wt % の範囲で添加することが可能であるが、圧電／電歪素子 10b の形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アル



ミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。また、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を $0.05 \sim 1 \mu\text{m}$ とすることが望ましい。また、上述のように、可動部11, 12については、取付部15, 16および固定部13と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電／電歪デバイス10の強度、構造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

図15は、第1の圧電／電歪デバイス10を変形した変形例を示すもので、変形例に係る圧電／電歪デバイス10Aにおいては、基体10aを構成する固定部13における各可動部11, 12側の部位に、隙間15a, 16aに対向するスリット状の隙間13a, 13bが設けられていて、スリット状の各隙間15a, 16aとスリット状の各隙間13a, 13bの奥壁部に、樹脂製の弾性部材19a, 19bが充填されているものである。

当該圧電／電歪デバイス10Aは、スリット状の隙間15a, 16aを介して各取付部15, 16に対向する各可動部11, 12の外方からの衝撃に対処すべく意図しているものである。当該圧電／電歪デバイス10Aにおいては、各可動部11, 12に外方からの衝撃を受けた場合、各可動部11, 12と各固定部15, 16の連結部14に集中する応力は、弾性部材19a, 19bにより分散されかつ吸収されるものであり、連結部14での応力集中に起因する各可動部11, 12の耐衝撃性を向上させている。

図16および図17は、本発明に係る第2の圧電／電歪デバイス20を示している。当該圧電／電歪デバイス20は、基体20aと一对の圧電／電歪素子20bからなり、また、基体20aは、1枚の金属製の平板を屈曲して構成されているものである。当該圧電／電歪デバイス20において、基体20aは、左右一对の可動部21, 22と、両可動部21, 22をその一端部側にて互いに連結する固

定部 23 と、各可動部 21, 22 の他端部側に連結部 24 を介して連結する一対の取付部 25, 26 にて構成されている。これらの各部位 21 ~ 26 は、1 枚の金属製の平板にて一体的に形成されており、また、圧電／電歪素子 20b は、第 1 の圧電／電歪デバイス 10 を構成する圧電／電歪素子 10b と同じものである。

当該基体 20a においては、各可動部 21, 22 はその外側面に各圧電／電歪素子 20b を貼着されていて動作部を構成し、固定部 23 はその下面側にて、例えば、ハードディスクの磁気ヘッドを保持するサスペンションのジンバルに接着されて固定され、かつ、各取付部 25 の内側面には、例えば、被制御部品であるハードディスク用の磁気ヘッド H が接着されて固定される。

当該基体 20a を構成する各可動部 21, 22 は、平板状の固定部 23 の各側縁部から屈曲されて起立する細幅の平板状を呈するもので、固定部 23 を越えて他端側へ所定長さ延びている。各取付部 25, 26 は、各可動部 21, 22 とは連結部 24 を介して一体のもので、各可動部 21, 22 の他端部側から反転した状態で、各可動部 21, 22 の内側面に沿って一端部側へ所定長さ延びていて、各可動部 21, 22 の内側面との間に、所定のスリット状の隙間 25a, 26a を保持している。

各取付部 25, 26 は、各可動部 21, 22 の略中央部にまで延びていて、その内側面が磁気ヘッド H の接合面 25b, 26b に形成されていて、各接合面 25b, 26b の全面に、圧電／電歪デバイス 10 と同様に、磁気ヘッド H の各側面が接着剤を介して接合される。接着剤としては、エポキシ樹脂等からなる接着剤が採用されていて、大きな接合面積が確保されている。

当該圧電／電歪デバイス 20 を構成する基体 20a は、各可動部 21, 22 の他端部側から反転した状態で各可動部 21, 22 の内側面に沿って一端部側へ所定長さ延びる各取付部 25, 26 を備えていて、各取付部 25, 26 が各可動部 21, 22 の内側面との間

に所定のスリット状の隙間 2 5 a, 2 6 a を保持している点、および、各取付部 2 5, 2 6 の内側面が部品 H の接合面 2 5 b, 2 6 b に形成されている点で、圧電／電歪デバイス 1 0 と実質的に同様であって、圧電／電歪デバイス 1 0 と同様に作動し、同様の作用効果を奏するものである。しかして、本発明に係る第 2 の圧電／電歪デバイス 2 0 を構成する基体 2 0 a は、下記に示す本発明に係る第 2 の製造方法にて形成される。

本発明に係る第 2 の圧電／電歪デバイス 2 0 を構成する基体 2 0 a は、図 1 8 に示す基体原板 2 0 A を用いて形成される。基体原板 2 0 A は、金属製の平板を、基体 2 0 a が平板状に展開された形状に打抜き加工して形成されているもので、同図に示す各 2 点鎖線 E 1, E 2, E 3 に沿って折曲げ加工される。基体原板 2 0 A は、この折曲げ加工により、可動部 2 1, 2 2、固定部 2 3、連結部 2 4 および取付部 2 5, 2 6 からなる基体 2 0 a に形成される。当該基体 2 0 においては、各可動部 2 1, 2 2 と各取付部 2 5, 2 6 間に、スリット状の隙間 2 5 a, 2 6 a が確保される。このように折曲げ加工して作成された基体 2 0 a における各可動部 2 1, 2 2 の外側面に、圧電／電歪素子 2 0 b が接着剤を介して貼着されて、圧電／電歪デバイス 2 0 が形成される。

第 1 の圧電／電歪デバイス 1 0 および第 2 の圧電／電歪デバイス 2 0 を構成する圧電／電歪素子 1 0 a, 2 0 a には、従来公知の圧電／電歪素子を採用することができるが、各圧電／電歪デバイス 1 0, 2 0 には、本出願人が開発した図 2 0 に示す圧電／電歪素子 3 0 A が採用される。圧電／電歪素子 3 0 A は、圧電／電歪層が 4 層構造のものであり、圧電／電歪層 3 1, 3 2, 3 3, 3 4 と、これらの両圧電／電歪層間に介在し包囲する第 1, 第 2 電極 3 5, 3 6 と、一対の端子 3 7, 3 8 にて構成されている。当該圧電／電歪素子 3 0 A は、図 1 3 に示す圧電／電歪素子体 3 0 を切断して切出されたものに相当する。

圧電／電歪素子 30A を構成する圧電／電歪層 31～34 には、圧電セラミックが用いられるが、電歪セラミック、強誘電セラミック、反強誘電セラミック等を用いることも可能である。但し、圧電／電歪デバイスをハードディスクドライブの磁気ヘッド位置決め等に使用する場合には、取付部の変位量と駆動電圧または出力電圧とのリニアリティが重要であることから、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましい。抗電界が 10 kV/mm 以下の材料を用いることが好ましい。

圧電／電歪層 31～34 を形成するための材料としては、具体的には、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンスズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等の単独、または、これらの適宜の混合物等を挙げることができる。特に、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、または、チタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適である。

圧電／電歪層 31～34 を形成するための材料には、適宜の材料を添加して、圧電／電歪層の特性を調整することができる。添加材としては、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セシウム、カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物、または、最終的に酸化物となる材料の単独、もしくは、これらの適宜の混合物等を挙げることができる。例えば、主成分であるジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛等に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整し得る利点がある。なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けるべきである。何故ならば、シリカ等のガラス化し易い材料は、圧電／電

歪層の熱処理時に圧電／電歪層と反応し易く、その組成を変化させて圧電特性を劣化させるからである。

圧電／電歪素子 30 A を構成する電極 35, 36 は、室温で固体であって、導電性に優れた金属材料で形成されることが好ましい。金属材料としては、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属の単体、または、これら金属の合金等を挙げることができる。また、これらの金属材料に圧電／電歪層と同じ材料または異なる材料のセラミックスを分散させてなるサーメット材料を用いることもできる。

圧電／電歪素子 30 A は、圧電／電歪層 31 ~ 34 と各電極 35, 36 を互いに積層した状態で、一体的に焼成することにより形成することが好ましい。この場合には、電極 35, 36 としては、白金、パラジウム、またはこれらの合金等の高融点金属材料からなるもの、高融点金属材料と圧電／電歪層 31 ~ 34 の形成材料や他のセラミック材料との混合物であるサーメット材料からなる電極を採用することが好ましい。電極 35, 36 の厚みは、圧電／電歪素子 30 の変位に影響を及ぼす要因になることから、極力薄い薄膜状であることが好ましい。このため、圧電／電歪層 31 ~ 34 と一体に焼成されて形成される電極が極力薄い薄膜状となるためには、電極 35, 36 を形成する材料は金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の形態で使うことが好ましい。

圧電／電歪素子 30 A の厚みは、各実施形態の圧電／電歪デバイス 10, 20 の圧電／電歪素子 10 b, 20 b として使用する場合には、 $40\ \mu\text{m}$  ~  $180\ \mu\text{m}$  の範囲が好ましい。厚みが  $40\ \mu\text{m}$  未満である場合には、取扱い中に破損し易く、また、厚みが  $180\ \mu\text{m}$  を越える場合には、デバイスの小型化が困難となる。また、圧電

／電歪素子は、圧電／電歪素子 30 のごとく多層構造とすることによりその出力を増加させて、デバイスの変位の拡大を図ることができる。また、圧電／電歪素子を多層構造とすることにより、デバイスの剛性が向上することから、デバイスの共振周波数が高くなって、デバイスの変位動作を高速化できる利点がある。

圧電／電歪素子 30 A は、圧電／電歪層 31 ～ 34 と電極 35, 36 を印刷またはテープ成形により積層して焼成してなる大面積の原板、例えば、圧電／電歪素子体 30 を、ダイサー、スライサー、ワイヤーソウ等により所定寸法に多数個切出す手段で作成される。圧電／電歪素子 30 A は、セラミック基体に比較して薄くて硬度が低いため、原板の切削速度を速く設定できて高速で大量に加工処理できる。

圧電／電歪素子 30 A は、単純な板状構造であって取扱いが容易であり、また、表面積が小さいため汚れの付着量が少なくて汚れを除去し易い。但し、圧電／電歪素子 30 A は、セラミック材料を主体とすることから、超音波洗浄では、適切な洗浄条件を設定する必要がある。原板から切出された圧電／電歪素子においては、US 洗浄で精密洗浄した後、大気中、100℃～1000℃で熱処理することにより、セラミック材料の微細な気孔に入り込んでいる水分と有機物を完全に除去するようにすることが好ましい。

圧電／電歪素子 30 A を、各実施形態に係る圧電／電歪デバイス 10, 20 を構成する圧電／電歪素子 10 b, 20 b として採用する場合、各圧電／電歪素子 30 A の基体に対する接着手段としては、エポキシ樹脂、UV 樹脂、ホットメルト接着剤等の樹脂系接着剤や、ガラス、セメント、半田、ロウ材等の無機系の接着剤を使用することが好ましく、また、樹脂系接着剤に金属粉末やセラミック粉末を混合したものを使用することもできる。接着剤の硬度はショア D で 80 以上が好ましい。

なお、基体における圧電／電歪素子 30 A が接着される表面の部

位には、予め、ブラスト、エッチング、めっき等の粗面加工を施しておくことが好ましい。接着部位の表面粗さを  $Ra = 0.1 \mu m \sim 5 \mu m$  程度にすることにより、接着面積を広げて接着強度を向上させることができる。この場合、圧電／電歪素子側の接着部位の表面も粗い方が好ましい。電極を基体とは導通させたくない場合には、最下層の圧電／電歪層の表面に電極を配置しないようにする。

接着剤として、半田、ロウ材を用いる場合には、濡れ性をよくするために、圧電／電歪素子の表面に金属材料の電極層を配置することが好ましい。接着剤の厚みは、 $1 \mu m \sim 50 \mu m$  の範囲であることが好ましい。接着剤の厚みは、薄い方がデバイスの変位および共振特性のばらつきを減らす点、および省スペース化の点で好ましいが、接着強度、変位、共振等の特性を確保するためには、採用する接着剤毎に最適の厚みを設定するようにする。

基体に圧電／電歪素子を接着する際には、圧電／電歪素子の電極が基体の固定部側となるようにして、圧電／電歪素子が固定部の屈曲位置に完全にかかるように接着する。圧電／電歪素子は、基体の固定部側の端部と一致させて接着することが好ましいが、圧電／電歪素子の端子と外部端子との接続を容易にするために、圧電／電歪素子を基体の端部から外方へ突出させて接着してもよい。但し、圧電／電歪素子は、金属製である基体に比較して破損し易いので、取扱いに注意が必要である。圧電／電歪素子を基体の所定位置に接着剤で貼り付けた後、切断加工、洗浄してデバイスを作成する。

本発明に係る第3の圧電／電歪デバイスは、第1の圧電／電歪デバイス10を構成する基体10aと同一形状の基体を、セラミックから金属に置き換えたもので、基体を形成する際に、基体材料を、セラミックから金属に変更したものである。また、当該圧電／電歪デバイスの製造には、本発明に係る第3の製造方法が採用される。

第3の製造方法においては、第1の製造方法でのセラミックグリーンシートに替えて金属板を準備し、これを積層して接着すること

により基体を形成する。接着する手段としては、有機樹脂、ガラス等の接着剤による接着、ろう付け、半田付け、拡散接合、超音波接合、熱圧着、クラッディング法等を採用することができる。また、各積層した金属板を、溶接等により一体化する手段を採用することもできる。

積層する各金属板の窓部の作成は、金型による打ち抜き他に、レーザー加工、放電加工、エッチング、サンドブラスト等を採用することができる。基体を構成する金属板の材料は、圧電／電歪デバイス 20 の基体 20 a の材料と同じ材料を採用することができる。

なお、当該製造方法においては、基体の構成材料として、金属板とセラミック板を合わせて使用することができ、これにより、ハイブリット構造の基体を形成することができる。さらに飛躍すれば、基体の構成材料として樹脂を採用して、樹脂製の基板を形成することができ、圧電／電歪デバイスの用途によっては、樹脂製の基体を構成部材とする圧電／電歪デバイスを構成することも可能である。

当該製造方法においては、金属板の積層一体化のための接着回数や順序は、何等限定されるものではなく、金属板の枚数、形状、厚み等については、設定された構造に応じて適宜決定される。鋳造による金属部材（厚板）を部分的に挟むようにすることもできる。なお、当該製造方法においては、接着方法や材料に問題無ければ、金属板に替えて、カーボン材料や樹脂材料を採用することもできる。

使用する圧電／電歪素子については、圧電／電歪デバイス 10、20 の圧電／電歪素子 10 b、20 b と同様、圧電／電歪素子 30 A1 を採用することができる。例えば、圧電／電歪素子体 30 を、基体の所定位置に接着剤で貼り付けた後、切断加工、洗浄して、圧電／電歪デバイスを形成することができる。圧電／電歪素子は 4 層以上で構成されることが好ましい。また、圧電／電歪素子は 10 層以下で構成されることが好ましい。圧電／電歪素子は印刷多層法で作成されることが好ましい。圧電／電歪素子の電極の位置ずれが 5



0  $\mu$  m以下であることが好ましい。圧電／電歪層の層数を増やせば、駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため実際に実施する場合には用途に応じて適宜層数を決めればよい。薄膜や厚膜等の膜形成方法を用いて製造することが好ましい。圧電／電歪素子を、スパッタ法、CVD法、ゾルゲル法等で支持基板上に作成して、支持基板ごと貼り付けてもよく、支持基板から剥がして貼り付けてもよい。

金属材料で基体を構成する際には、少なくとも可動部は冷間圧延加工された金属板を採用することが好ましい。

(実施例1): 本実施例では、本発明に係る第1の圧電／電歪デバイス10を作成し、当該圧電／電歪デバイス10、および、部品Hの各部位の寸法関係を図21に示している。当該圧電／電歪デバイス10における同一系統の符号Lは、デバイスの長さ(基体の全長)L1、基体における固定部の長さL2、基体における可動部のアームの長さL3、基体における取付部の接合面の長さL4、連結部の長さL5、可動部と取付部間のスリット状の隙間の間隔L6、両可動部間の間隔L7、両取付部間隔の間隔L8、取付部の厚みL9、可動部の厚みL10、可動部の高さL11(紙面の表裏方向の距離)、スリット状の隙間の長さL12をそれぞれ示している。

また、他の同一系統の符号Mは、デバイスの全幅M1、圧電／電歪素子の実質的駆動部の端部が固定部にかかる長さM2、取付部と圧電／電歪素子との厚みM3、部品Hの横方向長さM4、部品Hの縦方向の長さM5、接着剤の厚みM6をそれぞれ示している。

当該圧電／電歪デバイス10においては、両取付部間の間隔L8と圧電／電歪デバイスの横方向長さM4の関係については $L8 \geq M4$ であり、より好ましくは $L8 - M4$ である。 $L8 < M4$ の場合には、部品Hを挿入する際に両取付部間を拡げる必要があり、両取付部間を拡げる際にデバイスを破損するおそれがある。接着剤の厚みM6については、0.1～0.005mm、好ましくは、0.05～0.0

1 mmである。接着剤の厚み  $M6$  が 0.1 mmより厚い場合には、高温時の両可動部の変位に対する温度の影響が大きくなる。また、両取付部間との間隔  $L8$  と電歪デバイスの横方向長さ  $M4$  の差が小さいことから、部品  $H$  を両取付部間に挿入したり、部品  $H$  を各取付部間に接着剤を注入することが難しく、接着剤の厚みの制御が難しい。このため、接着剤の厚み  $M6$  を 0.01 mmより薄く設定する場合には、部品  $H$  に対する接着強度にばらつきが発生し易い。このため、接着剤の厚み  $M6$  は、より好ましくは 0.01 ~ 0.03 mmである。

当該圧電／電歪デバイス 10においては、連結部の長さ  $L5$  と可動部の厚み  $L10$  の関係については  $L5 \geq L10$ 、連結部の長さ  $L5$  と取付部の厚み  $L9$  の関係については  $L5 \geq L9$  である。連結部は、可動部と取付部を連結する部位であって、構造上最も弱い部位であることから、連結部の長さ  $L5$  がこれらの関係を満たさない場合には、連結部が破損し易くなる。部品  $H$  の縦方向の長さ  $M5$  と取付部の接合面の長さ  $L4$  の関係については、 $M5 \geq L4$  である。取付部の接合面は、部品  $H$  に対する接着強度を確保すべく機能するものであり、取付部の接合面の長さ  $L4$  を部品  $H$  の縦方向の長さ  $M5$  より長くしても意味がない。但し、採用する部品が当該部品  $H$  と形状を異にする場合には、たとえば、図 8 および図 9 に示す形状の部品である場合には、この限りではない。

当該圧電／電歪デバイス 10においては、可動部と取付部間のスリット状の隙間（スリット隙間）の間隔  $L6$  は、0.2 ~ 0.001 mmであり、好ましくは 0.1 ~ 0.01 mm、さらに好ましくは 0.07 ~ 0.03 mmである。スリット隙間の間隔  $L6$  が 0.001 mm未満では、両可動部の高変位時に取付部と接触して可動部の変位動作を規制することとなる。また、スリット隙間の間隔  $L6$  が 0.2 mmよりも大きい場合には、デバイスの横方向の全幅  $M1$  が大きくなって無意味である。部品  $H$  を取付部に接合する場合には、

注入する接着剤がスリット隙間に回り込んで、スリット隙間を埋め込み易い。スリット隙間の間隔  $L_6$  が  $0.03\text{ mm}$  以上である場合には、接着剤のスリット隙間への回り込みが抑制される。

この場合、接着剤が取付部の接合面からはみ出さないように接着剤の量を制御することが重要であり、また、スリット隙間の間隔  $L_6$  は接着剤の厚み  $M_6$  より大きくすることが好ましい。なお、当該圧電／電歪デバイス 10 においては、両可動部の高変位動作時に、可動部と取付部との当接を利用して、可動部の外部からの衝撃に対するストッパー機能を持たせる態様とすることもできる。

スリット状の隙間の長さ  $L_{12}$  については、連結部の長さ  $L_5$  の 2 倍以上、好ましくは 5 倍以上とする。これにより、部品 H の長さ  $M_5$  と取付部の長さ  $L_4$  が同じにできない場合でも、換言すれば  $M_5 > L_4$  の場合においても、部品 H に対する接着面積をより大きく設定して接着強度を確保し、かつ、可動部のアームの長さ  $L_3$  を長く設定して大きな変位を確保することができる。

当該圧電／電歪デバイス 10 においては、取付部の厚み  $L_9$  は  $0.2 \sim 0.11\text{ mm}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 0.02\text{ mm}$ 、より好ましくは  $0.07 \sim 0.03\text{ mm}$  である。取付部の厚み  $L_9$  が  $0.2\text{ mm}$  を越えるとデバイスの全幅  $M_1$  が大きくなって好ましくなく、取付部の厚み  $L_9$  が  $0.01$  未満であると折損し易い。可動部の厚み  $L_{10}$  は、 $0.2 \sim 0.001\text{ mm}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 0.01\text{ mm}$ 、より好ましくは  $0.08 \sim 0.03\text{ mm}$  である。デバイスの省スペース化の点からすれば、固定部の長さ  $L_2$ 、可動部のアーム長さ  $L_3$ 、連結部の長さ  $L_5$ 、スリット隙間の間隔  $L_6$ 、取付部の厚み  $L_9$ 、可動部の厚み  $L_{10}$ 、接着剤の厚み  $M_6$  はできるだけ小さいほうが好ましく、これにより、デバイスの全長  $L_1$  および全幅  $M_1$  が小さくなる。

当該圧電／電歪デバイス 10 においては、可動部のアーム長さ  $L_3$  は  $0.2 \sim 3\text{ mm}$ 、好ましくは  $0.3 \sim 2\text{ mm}$  である。取付部の接

合面の長さ  $L_4$  は  $0.05 \sim 2 \text{ mm}$  である。両可動部間の間隔  $L_7$  は  $0.1 \sim 2 \text{ mm}$ 、好ましくは  $0.2 \sim 1.6 \text{ mm}$  である。取付部の厚み  $L_9$  は  $0.002 \sim 0.1 \text{ mm}$ 、好ましくは  $0.01 \sim 0.08 \text{ mm}$  である。可動部の高さ  $L_{11}$  は  $0.05 \sim 2 \text{ mm}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$  である。取付部と圧電／電歪素子間との厚み  $M_3$  は  $0.0007 \sim 0.5 \text{ mm}$  である。これらの寸法にあっては、可動部のアーム長さ  $L_3$ ／両可動部間の間隔  $L_7$  は  $0.5 \sim 10$ 、好ましくは  $0.5 \sim 5$  である。両可動部間の間隔  $L_7$ ／可動部の厚み  $L_{10}$  は  $0.5 \sim 20$ 、好ましくは  $1 \sim 15$ 、さらに好ましくは  $1 \sim 10$  である。可動部の厚み  $L_{10}$  と可動部の高さ  $L_{11}$  とは、 $L_{10} < L_{11}$  である。可動部の厚み  $L_{10}$  と、圧電／電歪素子の実質的駆動部の端部が固定部にかかる長さ  $M_2$  とは、 $M_2 > (L_{10}) / 2$  である。

(実施例 2)：本実施例では、本発明に係る第 1 の圧電／電歪デバイス 10 を変形した変形例で、基体が図 15 に示す圧電／電歪デバイスの基体に対応する形式の圧電／電歪デバイス 10B を作成していて、当該圧電／電歪デバイス 10B の各部位の寸法関係を図 22 に示している。当該圧電／電歪デバイス 10B における同一系統の符号  $L$  は、実施例 1 にて形成した圧電／電歪デバイス 10 と同一であるが、その一部の部位の寸法および部品 H の各部位の寸法は省略している。但し、当該圧電／電歪デバイス 10B では、圧電／電歪デバイス 10 には存在しない、固定部におけるスリット状の隙間の幅  $L_{13}$ 、および固定部側のスリット状の隙間の長さ  $L_{14}$  を付加している。

当該圧電／電歪デバイス 10B においては、固定部のスリット状の隙間の幅  $L_{13}$  は  $0.2 \sim 0.001 \text{ mm}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 0.01 \text{ mm}$ 、さらに好ましくは  $0.07 \sim 0.03 \text{ mm}$  である。また、固定部のスリット状の隙間の長さ  $L_{14}$  は、固定部が部品 H と干渉するまでの長さとする事ができるが、好ましくは  $0.05 \sim 2 \text{ mm}$ 、さらに好ましくは  $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$  である。なお、その他の部位

の寸法は、実施例 1 にて作成している圧電／電歪デバイス 10 と同一寸法に設定している。

## 請 求 の 範 囲

1. 相対向する一対の可動部およびこれら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部を有する基体における前記両可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスであって、前記基体は前記両可動部の他端部側に被制御部品または被検査部品を取付けるための一対の長尺の取付部を備えており、同取付部は前記可動部の他端から反転した状態で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
2. 請求項 1 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体を構成する固定部は前記各可動部の内側面に沿って延びる所定幅のスリット状の一対の隙間を備えていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
3. 請求項 1 または 2 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体はセラミックで構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
4. 請求項 3 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体は複数のセラミックグリーンシートを多数積層してなるセラミック積層体にて構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
5. 請求項 1 または 2 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体は金属で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
6. 請求項 5 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体は複数の金属板を積層してなる金属積層体にて構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
7. 請求項 5 に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体は 1 枚の金属製の平板を屈曲して構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。
8. 請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 または 7 に記載の圧電／電歪デ

バイスにおいて、前記基体が有する可動部と取付部間のスリット状の隙間は、当該圧電／電歪デバイスの動作時における前記可動部の変位を規制しない寸法に設定されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

9. 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7または8に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体を構成する各取付部と各可動部とは同一または近似する厚みに形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

10. 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8または9に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記基体を構成する両取付部の内側面には被制御部品または被検査部品が接着剤を介して固着されていて、当該圧電／電歪デバイスは、前記部品を前記両取付部にて挟持した状態で使用されることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

11. 相対向する一对の板状の可動部、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部、および、前記各可動部の他端部側に連結する取付部を有する基体と、同基体を構成する前記両可動部の少なくとも一方の外側面に配設された圧電／電歪素子を備えている圧電／電歪デバイスであって、前記各可動部と前記各取付部間にはスリット状の隙間が介在し、同スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ が前記各可動部と前記各取付部を連結している各連結部の長さ $L_5$ よりも大きく設定されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

12. 請求項11に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ は前記各連結部の長さ $L_5$ の少なくとも2倍であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

13. 請求項11に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、前記スリット状の隙間の長さ $L_{12}$ は前記各連結部の長さ $L_5$ の少なくとも5倍であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

14. 相対向する一对の可動部と、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部と、前記各可動部の他端側から反転した状態

で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びる取付部を有する基体における前記両可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスを製造する方法であり、前記基体の形成材料としてセラミックグリーンシートを多数積層し焼成してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定の部位を前記セラミックグリーンシートの積層方向に沿って切断して、前記各可動部、前記固定部、および前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

15. 相対向する一对の可動部と、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部と、前記各可動部の他端側から反転した状態で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びる取付部を有する基体における前記両可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスを製造する方法であり、前記基体の形成材料として可撓性で屈曲加工の可能な金属製の平板を採用して、同平板を前記基体が平面状に展開された形状に打抜き加工して打抜構造体を形成し、同打抜構造体の所定の部位を屈曲して前記各可動部、前記固定部、および、前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

16. 相対向する一对の可動部と、これら両可動部を一端部側にて互いに連結する固定部と、前記各可動部の他端側から反転した状態で同可動部の内側面に沿って所定幅のスリット状の隙間を保持して所定長さ延びる取付部を有する基体における前記可動部の少なくとも一方の外側面に圧電／電歪素子を配設してなる圧電／電歪デバイスを製造する方法であり、前記基体の形成材料として金属板を多数積層してなる基体ブロックを採用し、同基体ブロックの所定部位を前記金属板の積層方向に沿って切断して前記各可動部、前記固定部、および、前記各取付部を有する基体を形成することを特徴とする圧



電／電歪デバイスの製造方法。

**Fig. 1**

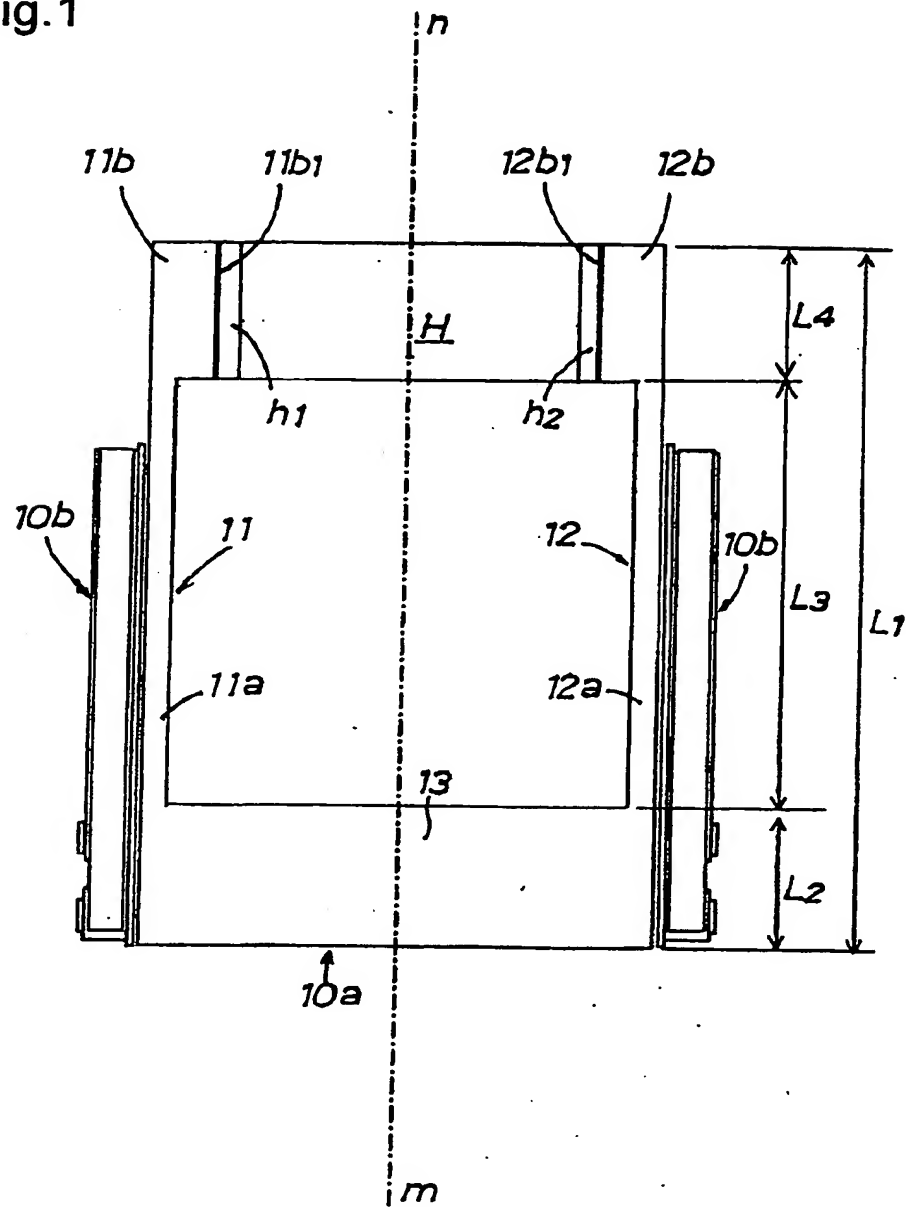


Fig.2

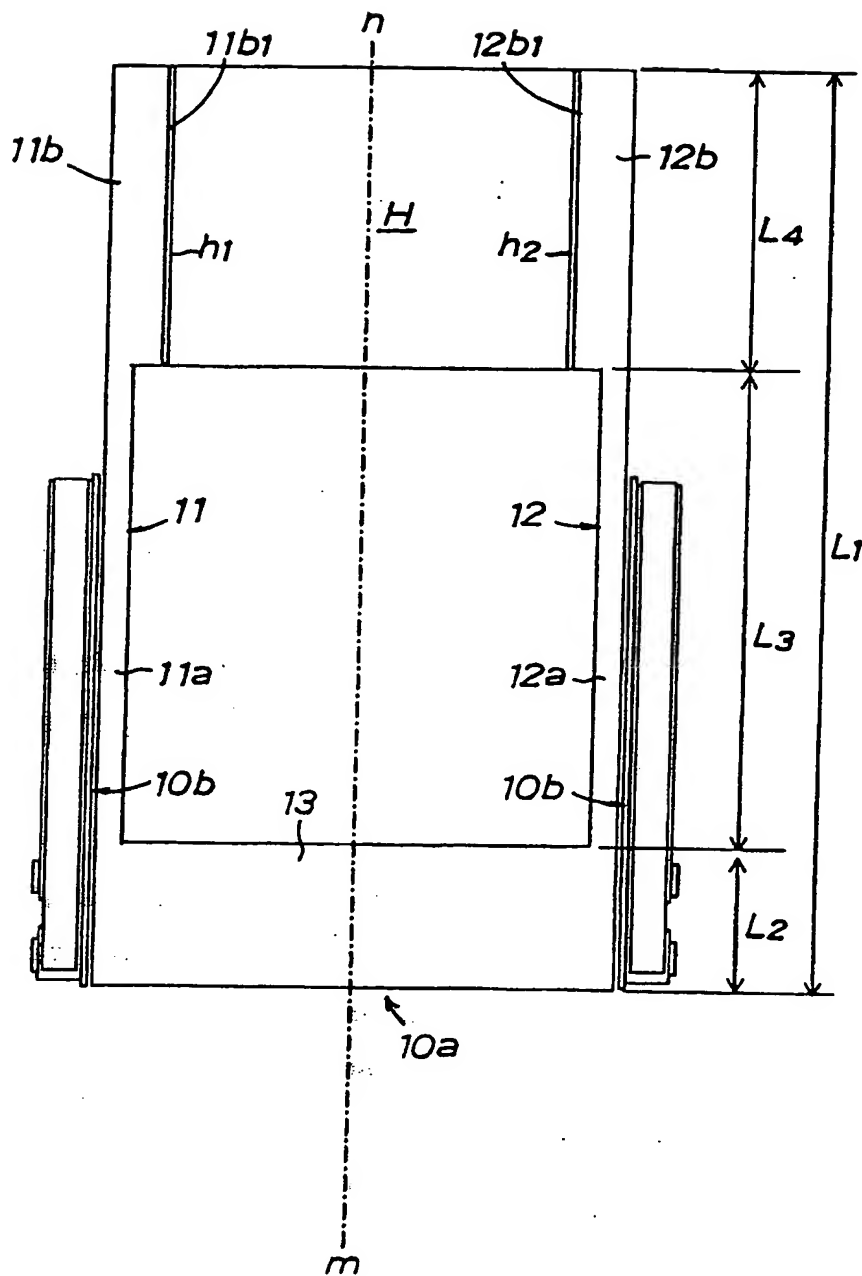
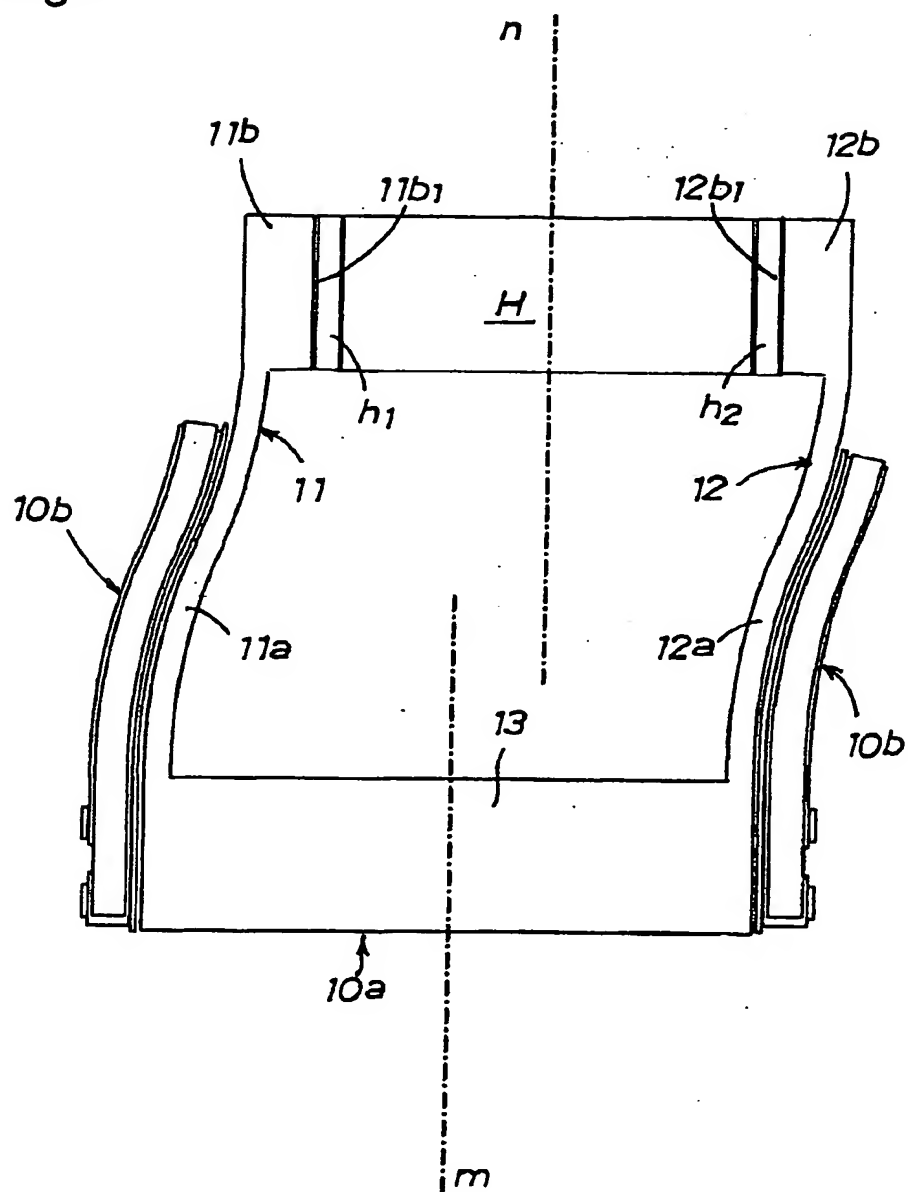


Fig.3



**Fig.4**

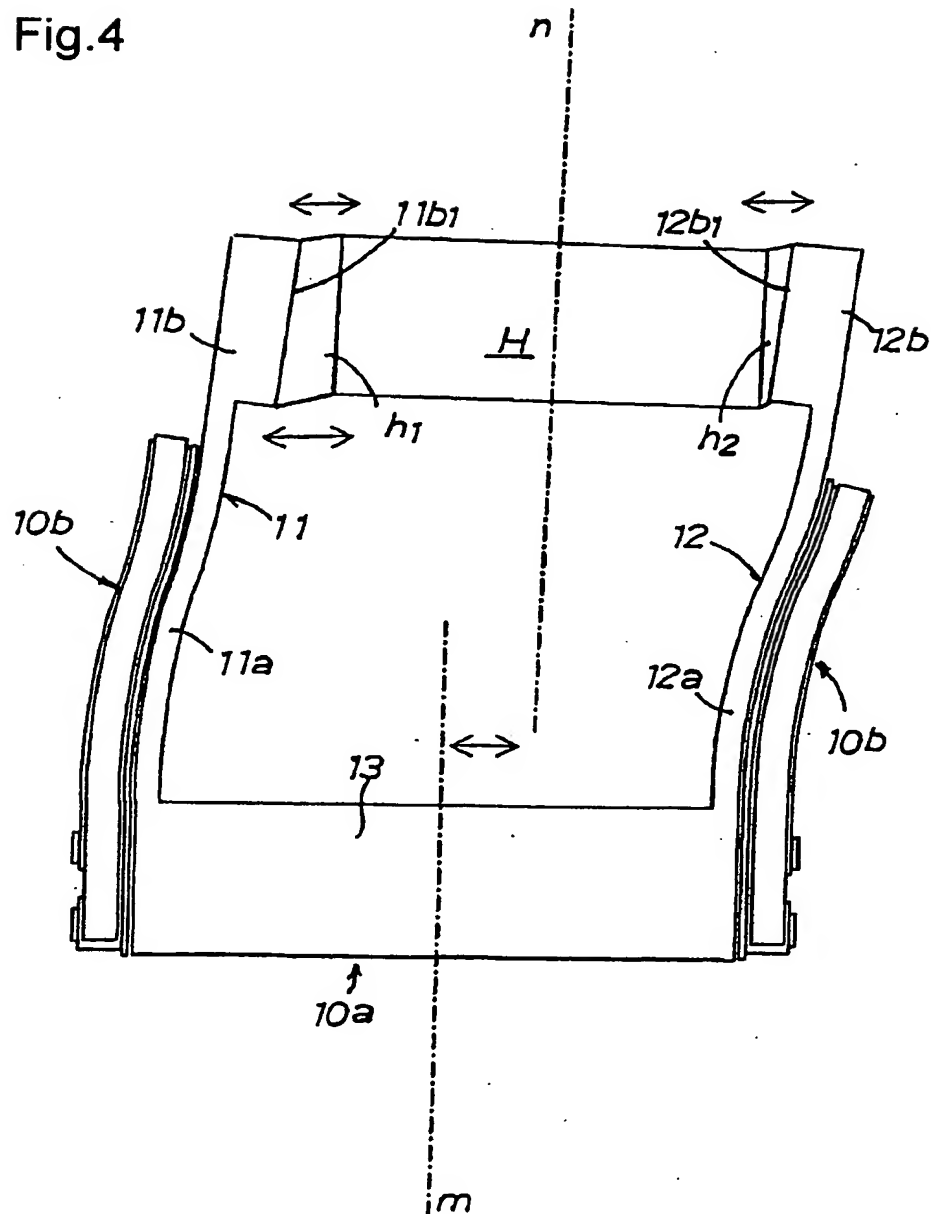


Fig.5

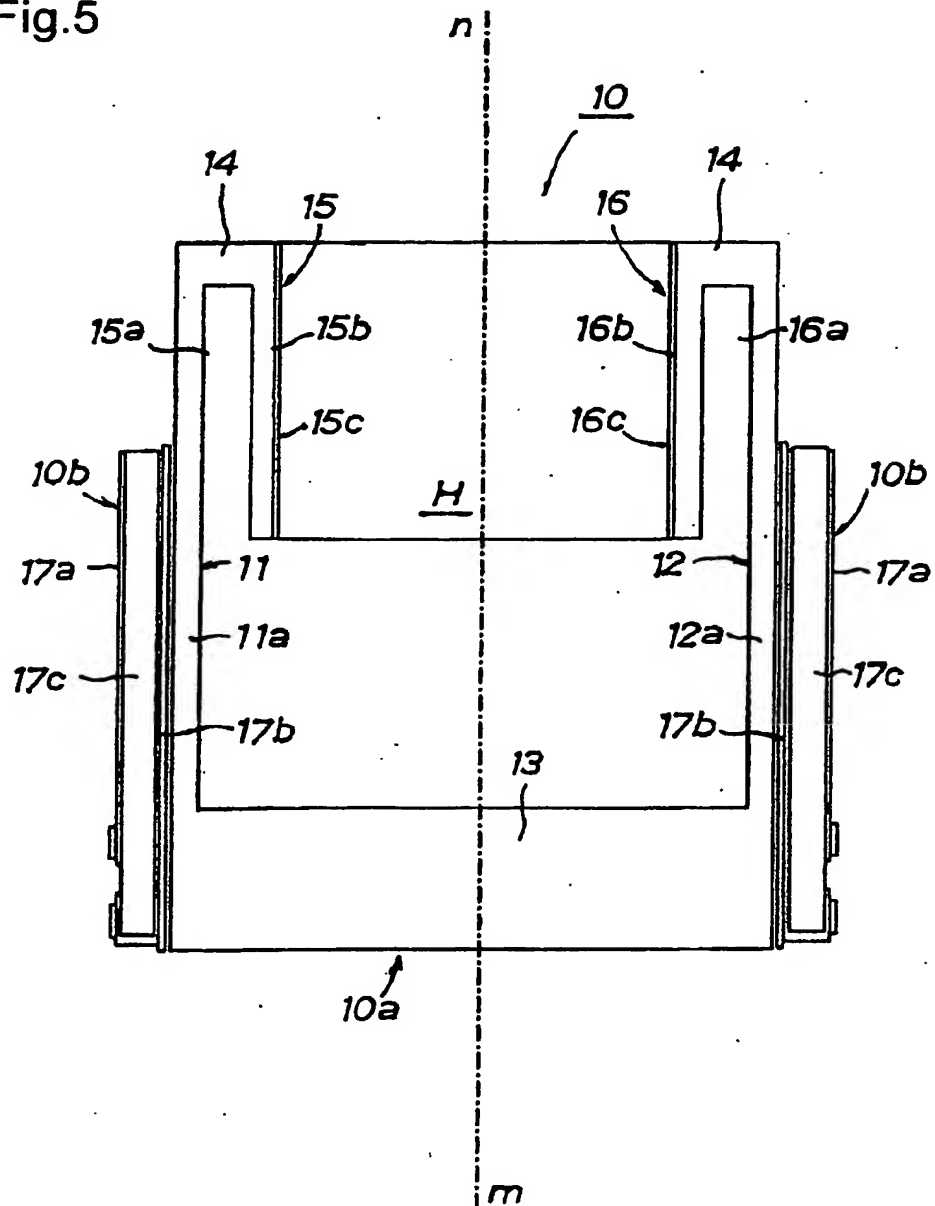


Fig.6

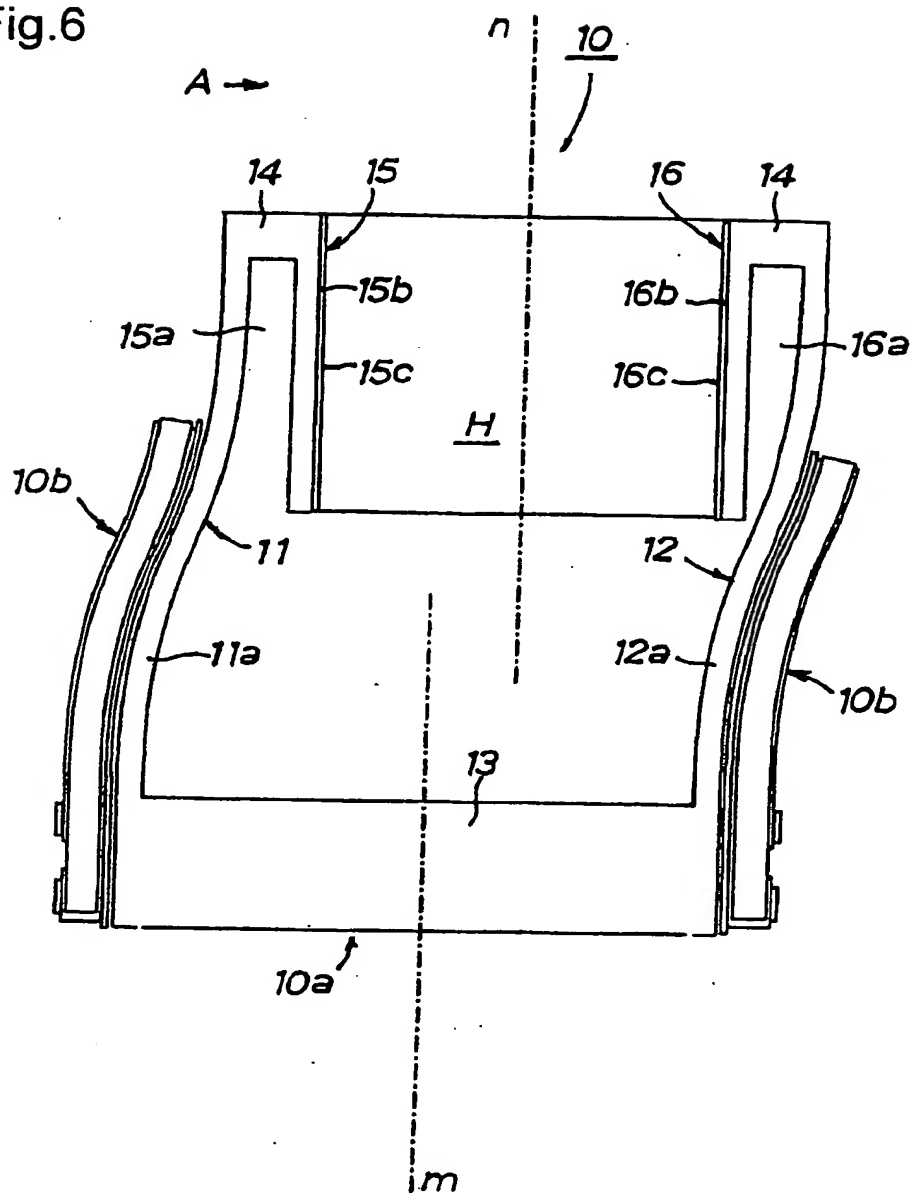


Fig.7A

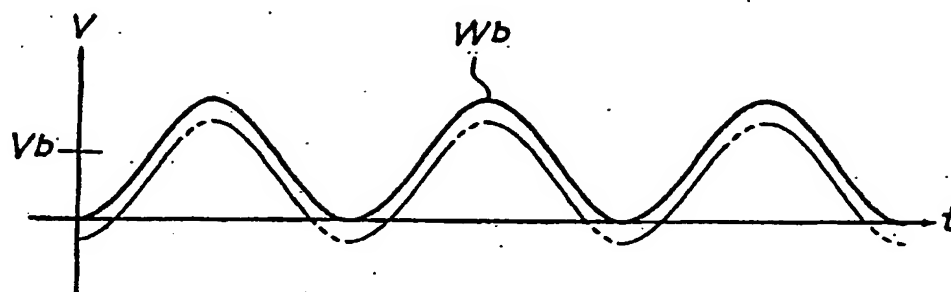


Fig.7B

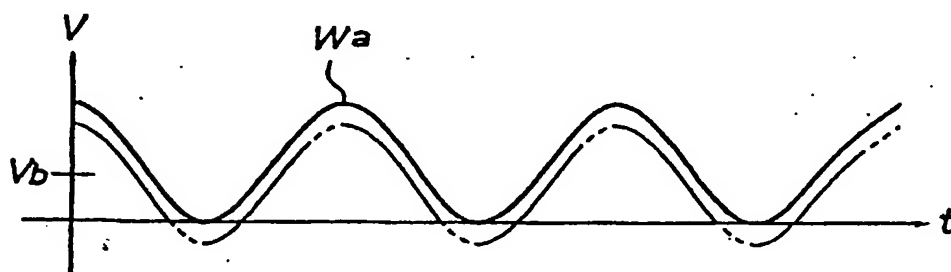




Fig.8

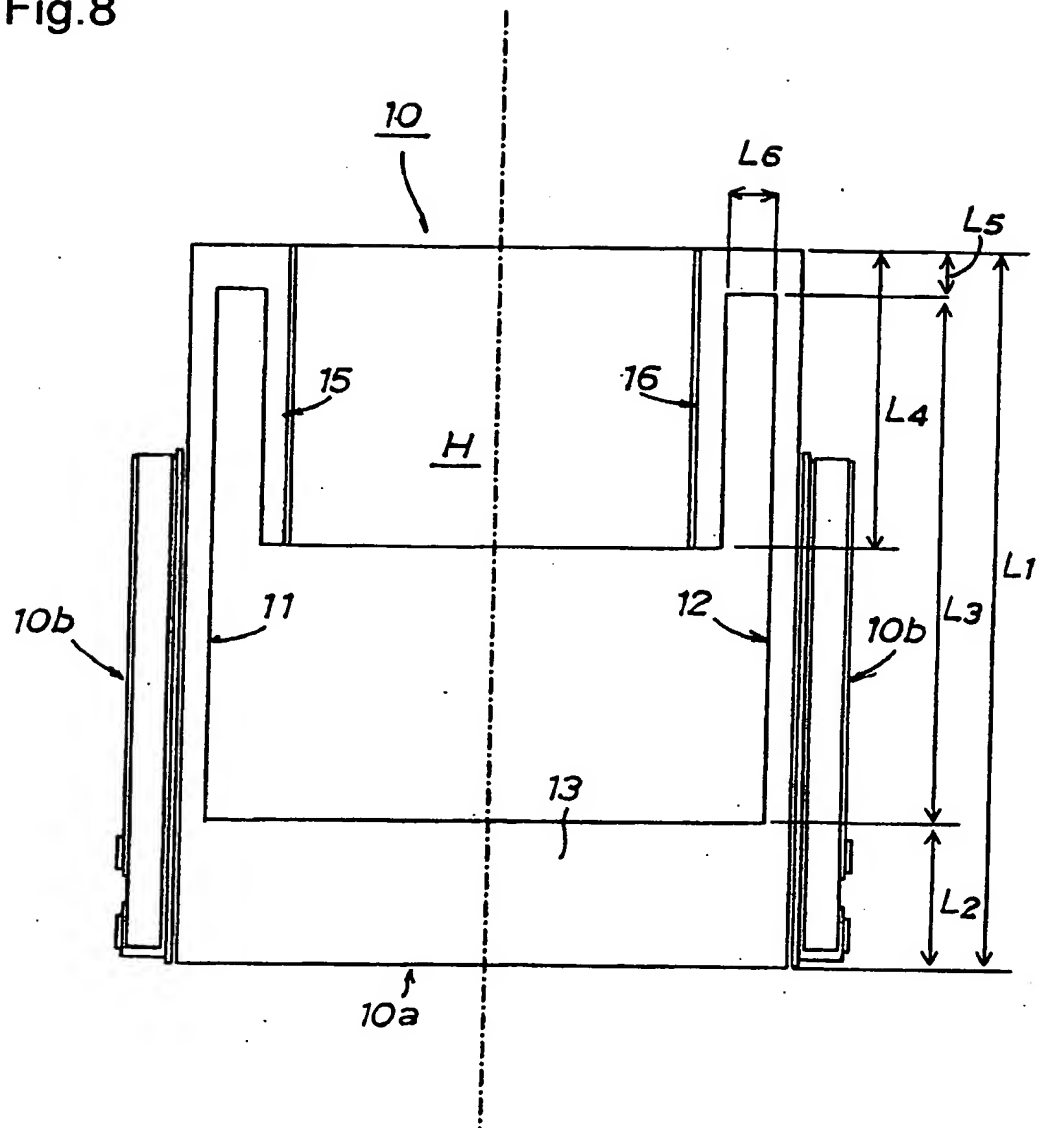


Fig.9

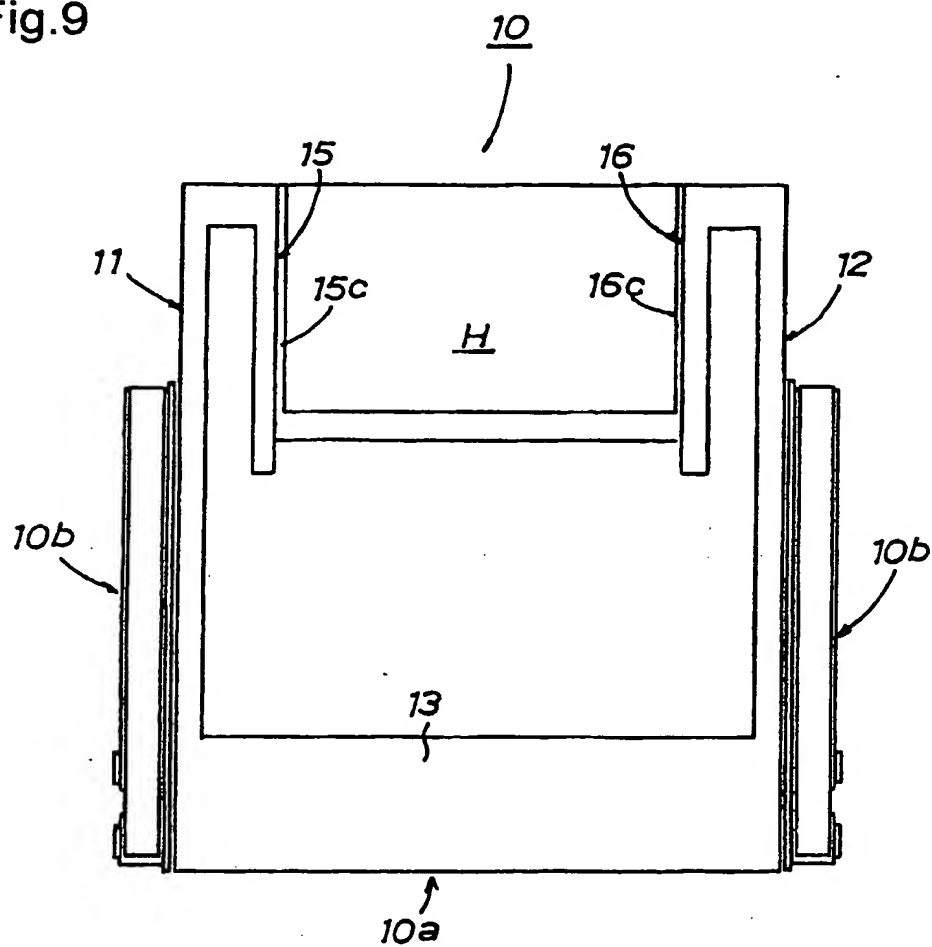


Fig.10

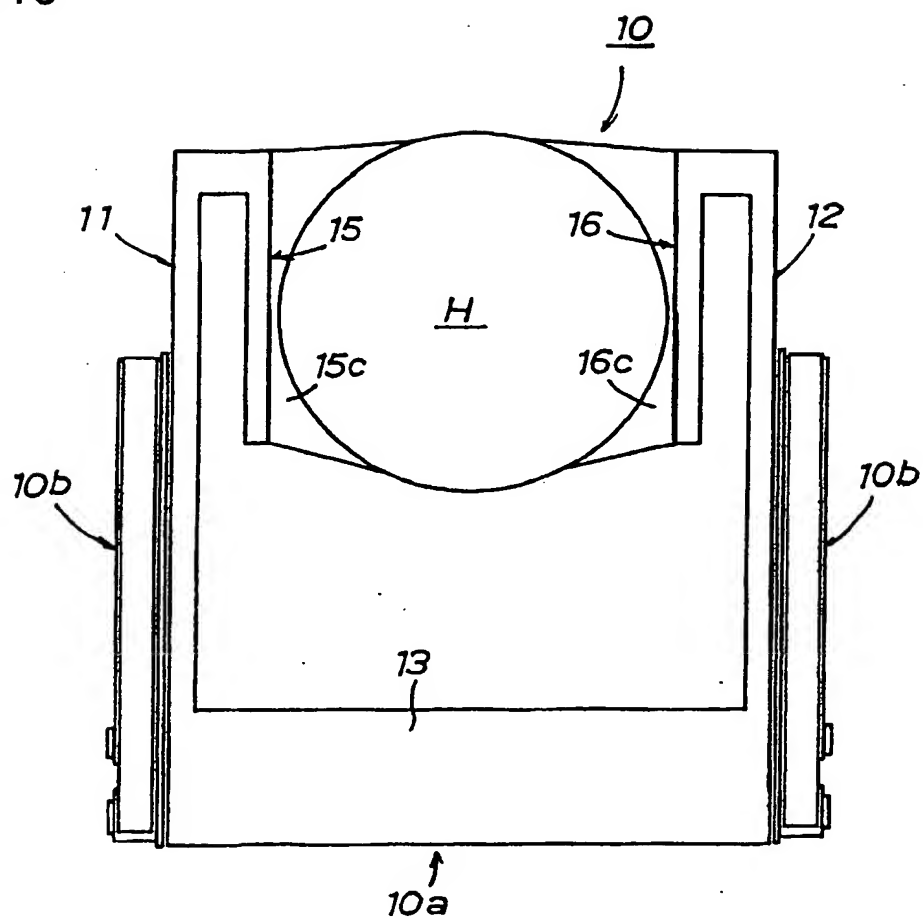


Fig.11

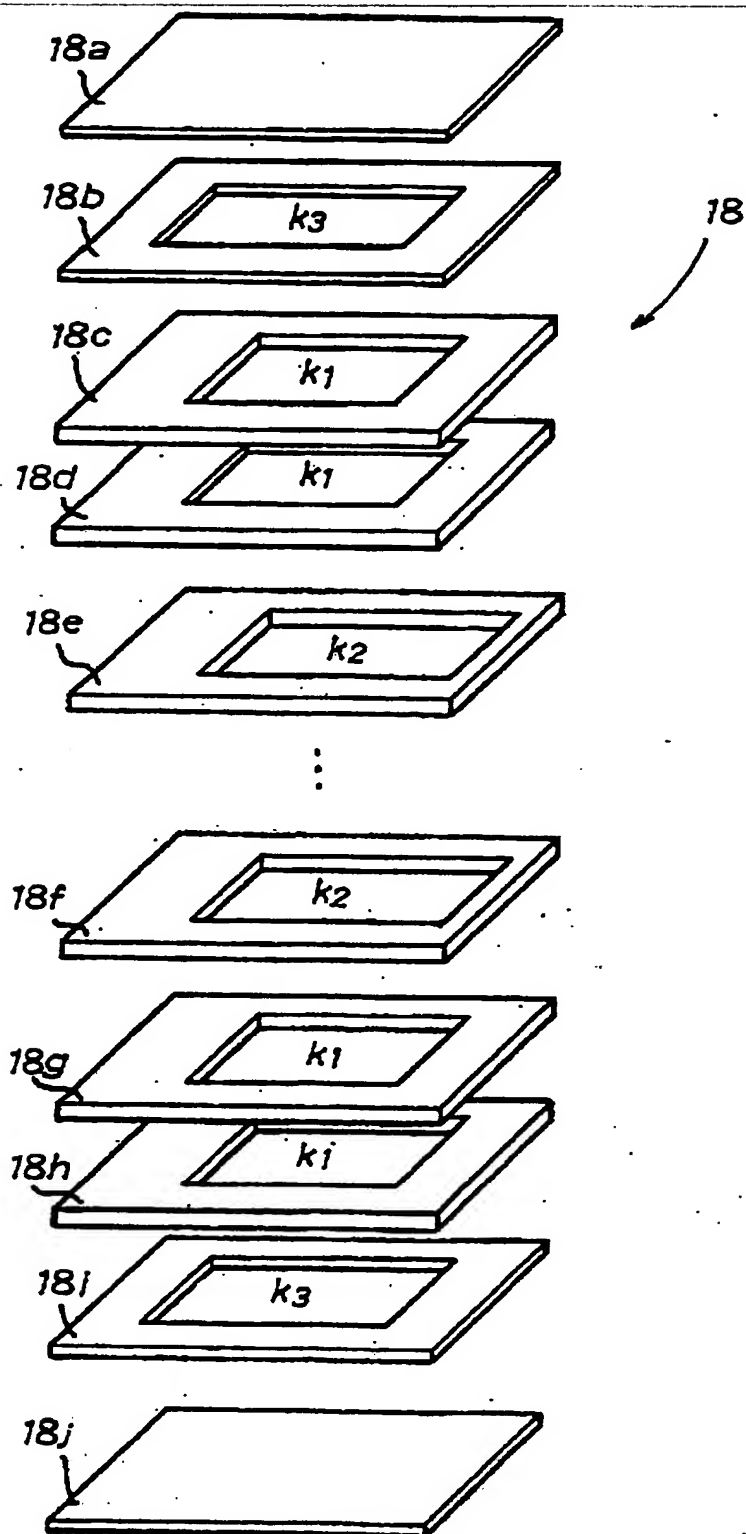


Fig.12

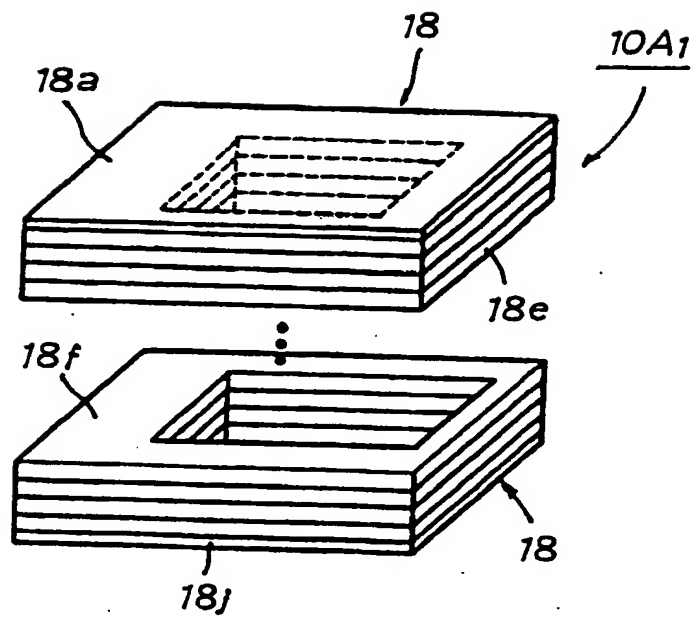


Fig.13

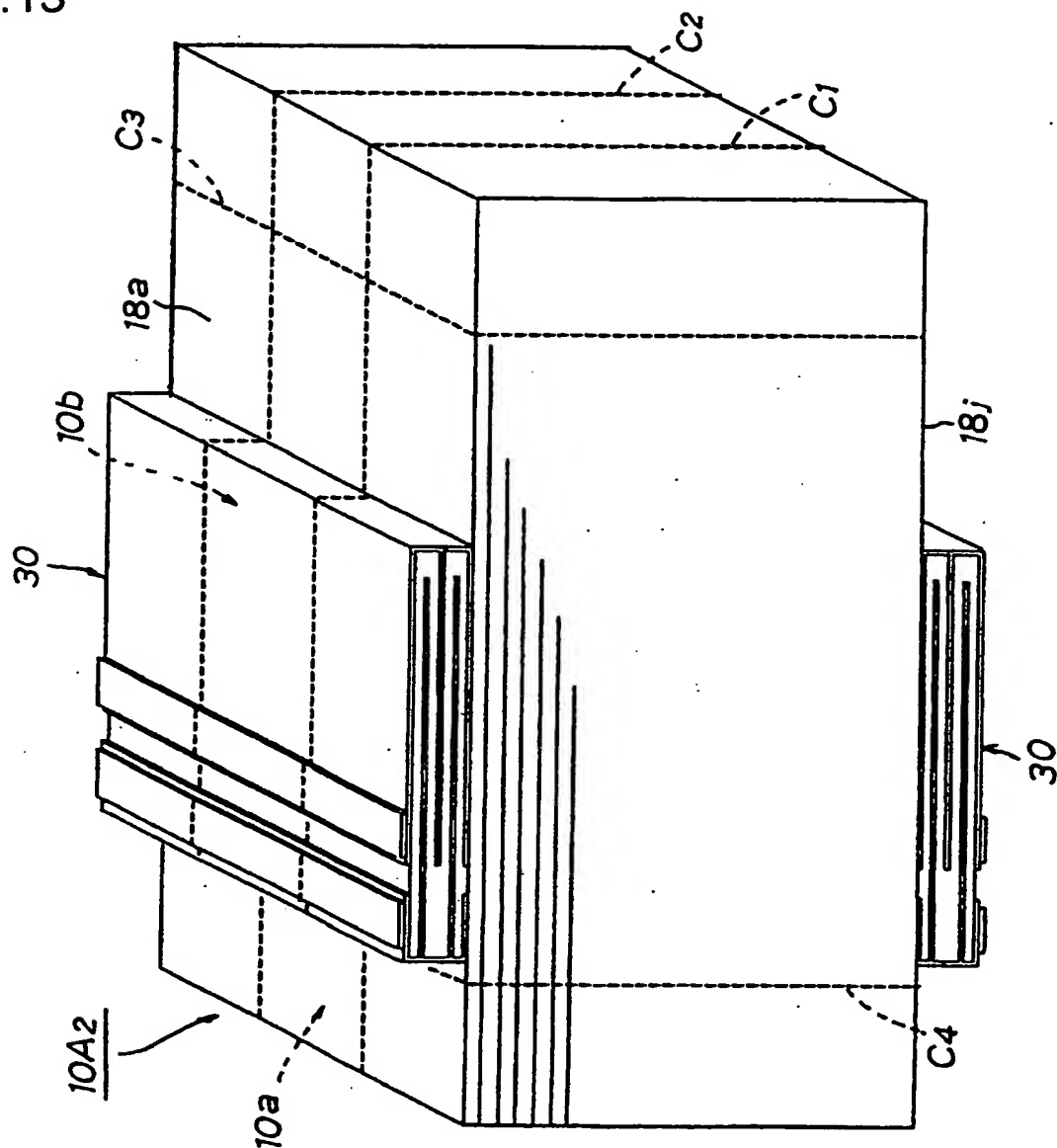


Fig.14

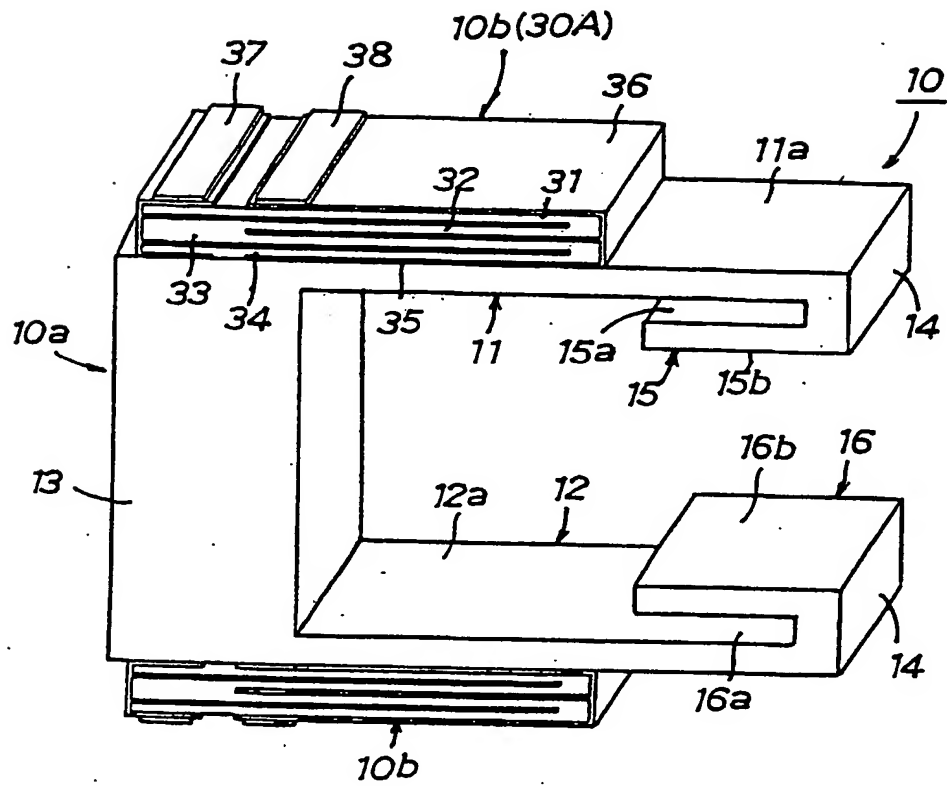
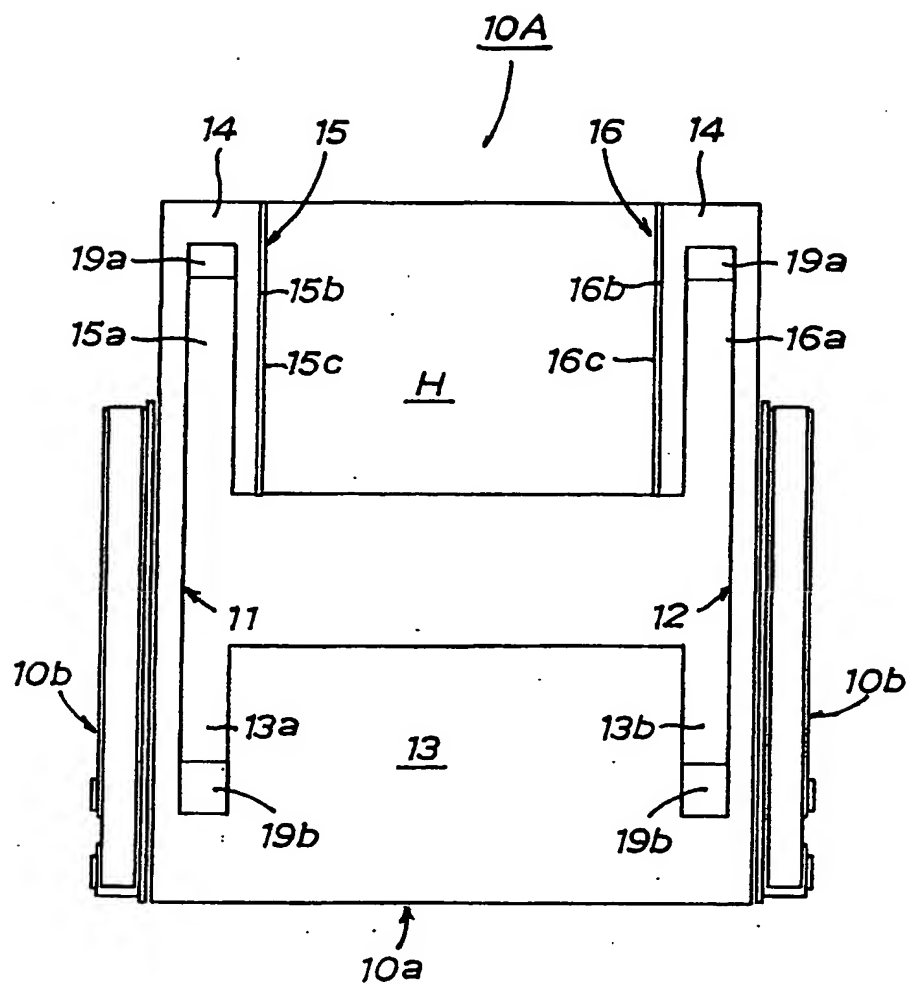


Fig.15





**Fig.16**

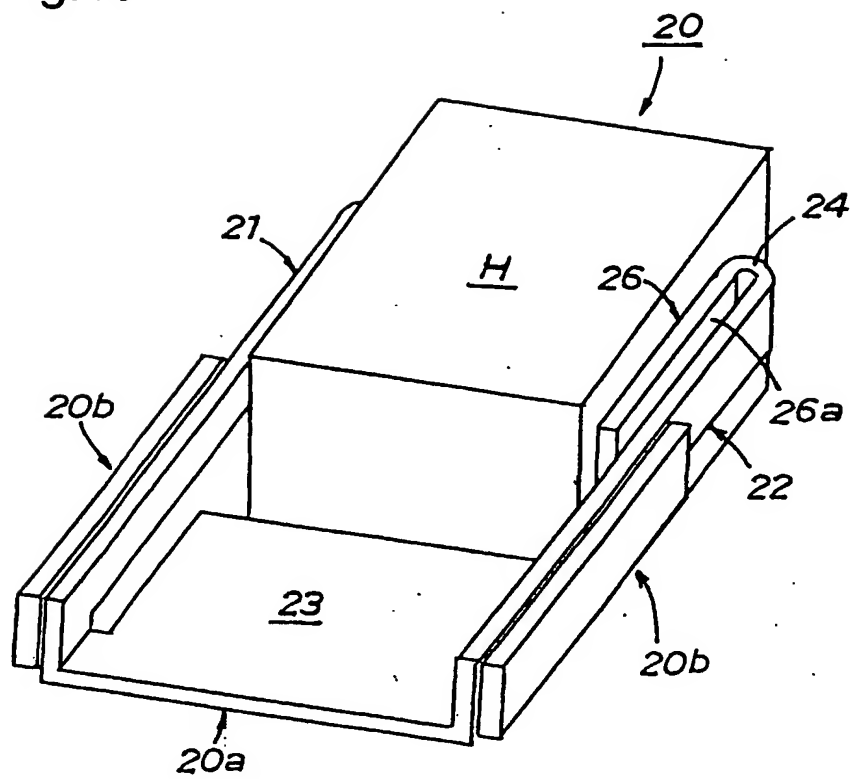


Fig.17

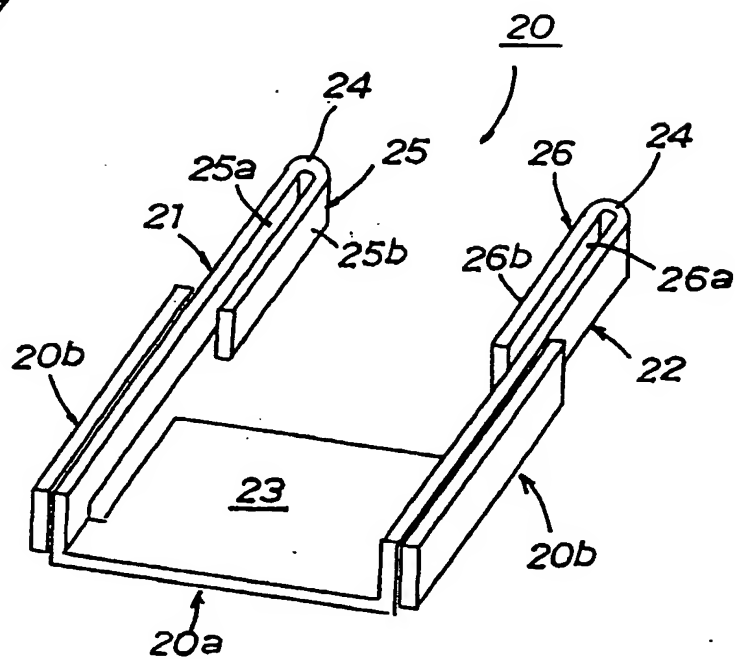


Fig.18

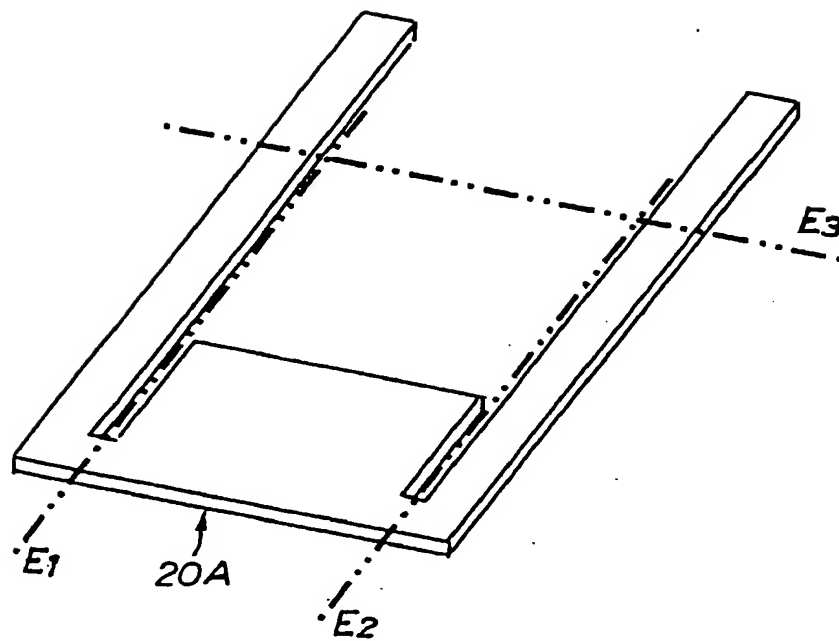


Fig.19

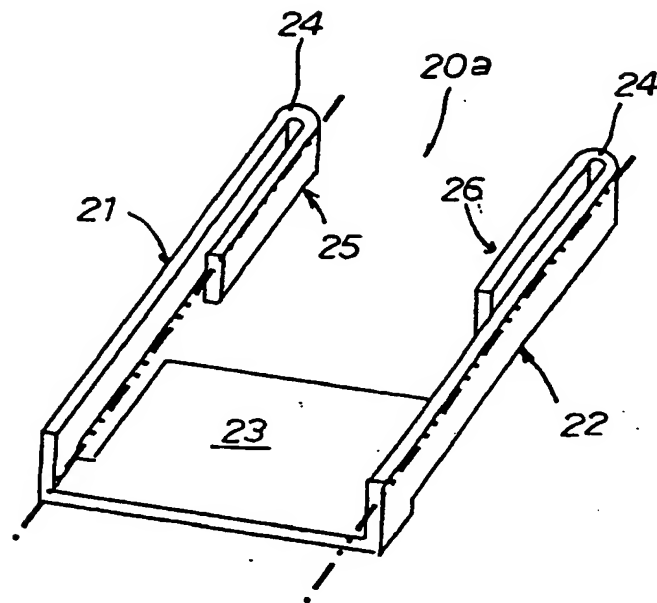


Fig.20

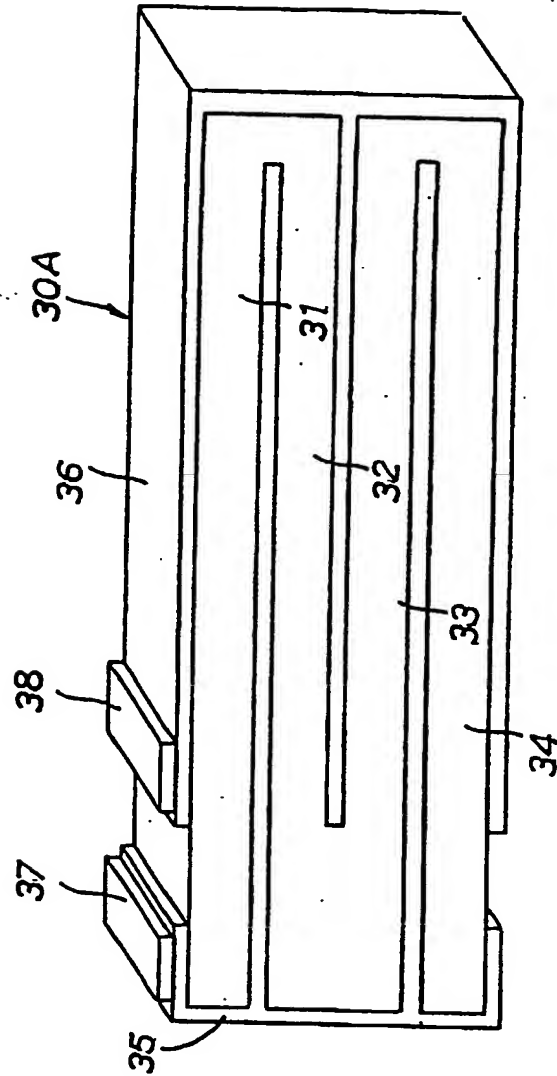
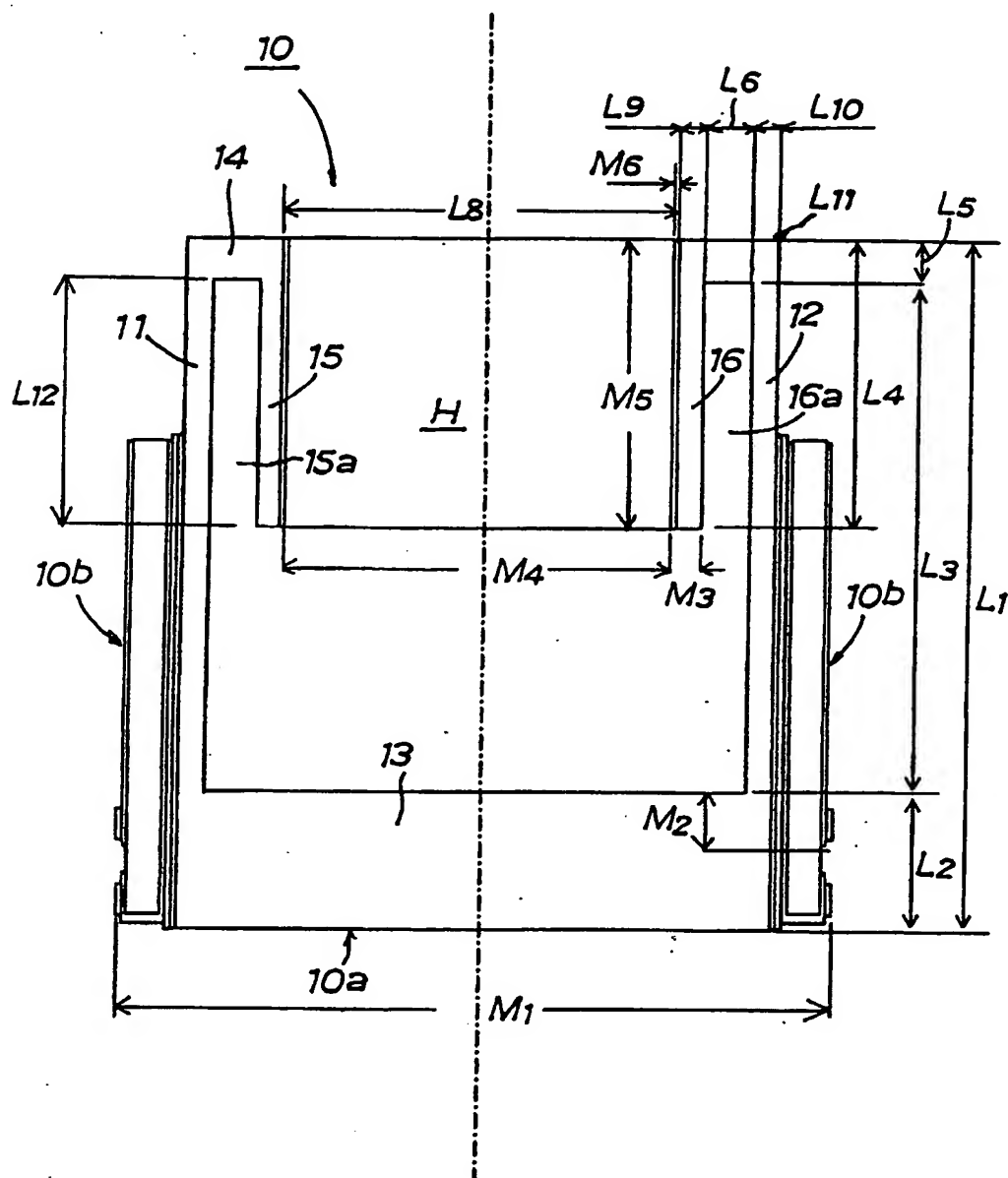


Fig.21





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/04804

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L41/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L41/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-159982 A (Marcon Electron Co., Ltd.), 20 June, 1990 (20.06.90), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-16
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 3026/1988 (Laid-open No. 107997/1989), (NEC Corporation), 20 July, 1989 (20.07.89), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-16
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 199902/1985 (Laid-open No. 168535/1987), (Anritsu Corporation), 26 October, 1987 (26.10.87), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 September, 2001 (13.09.01)Date of mailing of the international search report  
02 October, 2001 (02.10.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. H01L41/08		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. H01L41/08		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2-159982 A (マルコン電子株式会社) 20. 6月. 1990 (20. 06. 90) 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-16
A	日本国実用新案登録出願63-3026号 (日本国実用新案登録出願公開1-107997号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日本電気株式会社) 20. 7月. 1989 (20. 07. 89) 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	13. 09. 01	国際調査報告の発送日 02.10.01
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 松田 成正	4M 9449
電話番号 03-3581-1101		内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	日本国実用新案登録出願60-199902号 (日本国実用新案登録出願公開62-168535号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (アンリツ株式会社) 26. 10月. 1987 (26. 10. 87) 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	1-16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**